PC Games Hardware
SONDERHEFT

Bauvorschläge und Hardware-Tipps

Fünf perfekte PCs für jeden Einsatzzweck

Battlefield 1, Call of Duty & Star Citizen flüssig

PC 2017: Tunen und aufrüsten

Große Kaufberatung

Die richtige Grafikkarte, der optimale Prozessor

Kauf-Tipps
Einkaufsführer mit 300 neuen Produkten

Praxistipps für Einsteiger und Profis

PC-Bremsen finden & lösen

Mehr Leistung – kostenlos

Besser kühlen, flüssiger spielen

INFOTAINMENT
Datenträger enthält Lehr- oder Infoprogramme

€ 5,99
Ausgabe 03/2016
Österreich € 6,80 | Schweiz sfr 12,- |
Holland/Belgien/Luxemburg € 7,-

4 195756 805996 03

NVIDIA GEFORCE GTX
GAME READY

XTREME GAMING

XTREME GAMING
UNERREICHTE LEISTUNG

STACK FANS
DREI GROSSE 10CM LÜFTER IN KOMPAKTEM DESIGN

3D ACTIVE FAN
0 DB IN WINDOWS, LEISE BEIM SPIELEN

(GTX1080)

KUPFERPLATTE
OPTIMALE KÜHLUNG FÜR GPU UND RAM

XTREME ENGINE
OC, KONFIGURATION DER LEDS UND MEHR

GIGABYTE XTREME GAMING

WWW.GIGABYTE.DE / XG.GIGABYTE.COM

GIGABYTE™

Editorial

Neue Spiele ruckeln? Sie wissen nicht, ob sich ein Aufrüsten Ihres PCs lohnt oder ein Neukauf fällig ist? Hilfe ist nah – in Ihrer Hand!

Als PC-Benutzer verfügen Sie über große Macht: Sie bestimmen, welche Hard- und Software in Ihrem Rechenknecht werkelt und welche Peripherie Kontakt zu ihm aufnimmt. Doch aus großer Macht folgt bekanntlich große Verantwortung. In unregelmäßigen Abständen kommt die Zeit, in der Sie angesichts ruckelnder Spiele Entscheidungen treffen müssen: Rüste ich die alte Möhre auf oder kaufe ich einen neuen PC – oder wechsle ich gar auf eine Konsole? Da Sie dieses Heft aufgeschlagen haben, wissen wir, dass Letzteres keine ernsthafte Option darstellt. Egal ob Sie Ihrem alten Gefährten Beine machen oder einen ganz neuen PC zusammenstellen möchten, unser Leitfaden „PC neu bauen oder aufrüsten" ist das, was Sie brauchen!

Bremsen identifizieren und lösen

Computerspiele haben in den vergangenen zwei Jahren große Sprünge hingelegt. Mit der immer besseren Grafik geht ein signifikant größerer Leistungsbedarf einher, der viele ältere Spiele-PCs überfordert. Die beinahe grenzenlose Konfigurierbarkeit des PCs macht es gar nicht so einfach, den Bremsklotz zu finden. Egal ob Prozessor, Grafikkarte oder Speicherbestückung, wir geben Ihnen zum Einstieg wertvolle Tipps an die Hand, wie Sie die Schwachstelle Ihres Rechners erkennen. Im Anschluss folgt die Problemlösung in Form zahlreicher Tuning- und Aufrüsttipps.

Maßgeschneiderte PCs

„Den PC" gibt es nicht, abhängig von Ihrem Budget und dem geplanten Einsatzzweck sollte die Zusammenstellung weise gewählt werden. Wir präsentieren Ihnen daher nicht nur empfehlenswerte Einzelkomponenten, sondern stellen darüber hinaus fünf Beispiel-PCs zusammen, welche sowohl Einsteiger als auch Enthusiasten, Mini-PC- und Silent-Freunde zufriedenstellen. Die Redaktion der PC Games Hardware wünscht viel Vergnügen und gutes Gelingen!

Raffael Vötter
PC Games Hardware

Das IT-Magazin für Gamer!

PC Games Hardware: Immer aktuell mit Kaufberatung, Hintergrundartikeln und Praxistipps

Erhältlich an jedem Kiosk oder Heft bequem online bestellen unter: www.pcgh.de/shop

PC Games Hardware
DAS HARDWARE-MAGAZIN FÜR PC-SPIELER

computec MEDIA

Ein Unternehmen der Marquard Media International AG
Verleger Jürg Marquard

Verlag Computec Media GmbH
Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth
Telefon: 0911/2872-100
Telefax: 0911/2872-200
redaktion@pcgameshardware.de
www.pcgameshardware.de | www.pcghx.de

Geschäftsführer Rainer Rosenbusch, Hans Ippisch

Chefredakteur (V.i.S.d.P.) Thilo Bayer (tb), verantwortlich für den redaktionellen Inhalt, Adresse siehe Verlagsanschrift

Leitende Redakteure Raffael Vötter (Print, rv), Andreas Link (Online, al)
Redaktion Carsten Spille (cs), Reinhard Staudacher (rs), Torsten Vogel (tv), Frank Stöwer (fs), Stephan Wilke (sw), Philipp Reuther (pr), Matthias Spieth (ms), Mark Mantel (mm)
Mitarbeiter dieser Ausgabe Nikolas Schonath (ns)
Head of E-Commerce Daniel Waadt (dw)
Lektorat Claudia Brose (Ltg.), Birgit Bauer, Heidi Schmidt

Layout Frank Pfründer (Ltg.), Hans Strobel
Layoutkoordination Albert Kraus
Titelgestaltung Frank Pfründer
Fotografie Heft tb, al, mm, pr, ms, cs, rs, fs, tv, rv, dw, sw
Bildnachweis Sofern nicht anders angegeben: PC Games Hardware

CD, DVD, Video Simon Fistrich (Ltg.), Alexander Wadenstorfer, Thomas Dziewiszek, Michael Schraut, Daniel Kunoth, Dominik Pache, Oliver Nitzsche

Vertrieb, Abonnement Werner Spachmüller (Ltg.)
Marketing Jeanette Haag
Produktion Jörg Gleichmar

www.pcgameshardware.de

Head of Online Christian Müller
Chefredakteur Online Thilo Bayer
Redaktion Andreas Link, Mark Mantel, Philipp Reuther, Matthias Spieth, Carsten Spille, Reinhard Staudacher, Frank Stöwer, Torsten Vogel, Raffael Vötter, Stephan Wilke
Entwicklung Markus Wollny (Ltg.), Ruben Engelmann, René Giering, Aykut Arik, Tobias Hartlehnert, Christian Zamora
Webdesign Tony von Biedenfeld, Daniel Popa
SEO/Produktmanagement Stefan Wölfel

Anzeigen
CMS Media Services GmbH, Dr.-Mack-Straße 83, 90762 Fürth

Verantwortlich für den Anzeigenteil
Annett Heinze, Adresse siehe Verlagsanschrift

Anzeigenberatung Print
Judith Gratias-Klamt: Tel.: +49 911 2872-252; judith.gratias-klamt@computec.de
Anne Müller: Tel.: +49 911 2872-251; anne.mueller@computec.de
Alto Mair: Tel.: +49 911 2872-144; alto.mair@computec.de
Bernhard Nusser: Tel.: +49 911 2872-254; bernhard.nusser@computec.de

Head of Digital Sales
Jens-Ole Quiel: Tel.: +49 911 2872-253; jens-ole.quiel@computec.de

Anzeigenberatung Online Weischer Online GmbH, Elbberg 7, 22767 Hamburg
Tel.: +49 40 809058-2239, Fax: +49 40 809058-3239
www.weischeronline.de

Anzeigendisposition anzeigen@computec.de
Datenübertragung via E-Mail: anzeigen@computec.de

Es gelten die Mediadaten Nr. 29 (01/2016)

Abonnement – http://abo.pcgameshardware.de
Die Abwicklung (Rechnungsstellung, Zahlungsabwicklung und Versand) erfolgt über unser Partnerunternehmen DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH:

Post-Adresse:
Leserservice Computec, 20080 Hamburg, Deutschland

Ansprechpartner für Reklamationen ist Ihr Computec-Team unter:

Deutschland
E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098, Fax: 01805-8618002*
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

Österreich, Schweiz und weitere Länder:
E-Mail: computec@dpv.de, Tel: +49-911-99399098, Fax: +49-1805-8618002
Support: Montag 07:00–20:00 Uhr, Dienstag–Freitag 07:30–20:00 Uhr, Samstag 09:00–14:00 Uhr

Abonnementpreis für 12 Ausgaben: Magazin € 47,88 (€ 51,60 Österreich, € 59,88 Ausland), DVD € 60,- (€ 67,20 Österreich, € 72,- Ausland)

Einzelversand/Nachbestellung
Online: www.pcgh.de/go/shop, E-Mail: computec@dpv.de, Tel.: 0911-99399098 , Fax: 01805-8618002*
* (0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz, max. 0,42 €/Min. aus dem dt. Mobilfunk)

ISSN/Vertriebskennzeichen PC Games Hardware: 1616-6922 / B 53384

Vertrieb: DPV Deutscher Pressevertrieb GmbH, Düsternstr. 1-3, 20355 Hamburg, Internet: www.dpv.de
Druck: Quad/Graphics Europe, 120 Pultuska Street, 07-200 Wyszków, Polen

COMPUTEC MEDIA ist nicht verantwortlich für die inhaltliche Richtigkeit der Anzeigen und übernimmt keinerlei Verantwortung für in Anzeigen dargestellte Produkte und Dienstleistungen. Die Veröffentlichung von Anzeigen setzt nicht die Billigung der angebotenen Produkte und Service-Leistungen durch COMPUTEC MEDIA voraus. Sollten Sie Beschwerden zu einem unserer Anzeigenkunden, seinen Produkten oder Dienstleistungen haben, möchten wir Sie bitten, uns dies schriftlich mitzuteilen. Schreiben Sie unter Angabe des Magazins, in dem die Anzeige erschienen ist, inkl. der Ausgabe und der Seitennummer an: CMS Media Services GmbH, Franziska Behme, Anschrift siehe oben.

Einsendungen Manuskripte und Programme:
Mit der Einsendung von Manuskripten jeder Art gibt der Verfasser die Zustimmung zur Veröffentlichung in den von der Verlagsgruppe herausgegebenen Publikationen. Urheberrecht: Alle in PCGH veröffentlichten Beiträge bzw. Datenträger sind urheberrechtlich geschützt. Jegliche Reproduktion oder Nutzung bedarf der vorherigen, ausdrücklichen und schriftlichen Genehmigung des Verlags.

MARQUARD MEDIA

Deutschsprachige Titel
SFT, WIDESCREEN, PC GAMES, PC GAMES MMORE, PC GAMES HARDWARE, BUFFED, PLAY 4, GAMES AKTUELL, N-ZONE, XBG GAMES, LINUX-MAGAZIN, LINUXUSER, EASYLINUX, RASPBERRY PI GEEK, MAKING GAMES

Polen
COSMOPOLITAN, JOY, SHAPE, HOT, PLAYBOY, CKM, VOYAGE, HARPER'S BAZAAR

Ungarn
JOY, SHAPE, ÉVA, IN STYLE, PLAYBOY, CKM, MEN'S HEALTH

Ab S. 10

Aufrüsten: Welche ist die beste Grafikkarte?

Die Grafikkarte ist die wichtigste Komponente eines Spielesystems. Von ihr hängt es wie von keinem anderen Bauteil ab, wie sich der Gaming-PC in den allermeisten Spielen schlägt. Auf fünf Seiten stellen wir Alternativen vor und zeigen mittels Aufrüstmatrizen, welchen Leistungssprung Sie erwarten dürfen.

ab S. 06

Diagnose: Was aufrüsten?

Soll die Grafikkarte, der Prozessor oder das RAM aufgerüstet werden? Wir zeigen Ihnen, wie Sie herausfinden, wie Ihr Geld am besten angelegt ist.

ab S. 24

Bauvorschläge: PCs für jeden

Basierend auf den Erkenntnissen der vorherigen Artikel zeigen wir Ihnen fünf Beispiel-Zusammenstellungen für verschiedene Einsatzgebiete.

Heftinhalt

Service

Impressum/Editorial ... 03
Inhaltsverzeichnis ... 04

Praxis

Schwachstellen entlarven ... 06
GPU aufrüsten ... 10
Welcher Prozessor ist der richtige? ... 16
Arbeitsspeicher satt ... 20
Bauvorschlag für einen Einsteiger-PC ... 24
Mittelklasse-PC zusammenstellen ... 30
High-End-Gaming-PC ... 36
Leiser, aber spieletauglicher Rechner ... 42
Kompakter Wohnzimmer-PC ... 46
Kühlung optimieren ... 50
Grafikkarte übertakten ... 56
Wasserkühlungssets ... 62
Umsteiger-Guide Windows 10 ... 66

Einkaufsführer

Grafikkarten ... 76
Prozessoren & Arbeitsspeicher ... 77
Lüfter & CPU-Kühler ... 78
Kompakt-Wakü & Mainboards ... 79
LCDs, Mäuse & Tastaturen ... 80
SSDs und Festplatten ... 81
Gehäuse, Netzteile, Soundkarten und Headsets ... 82

Thermaltake

VIEW 27

YOUR WINDOW
INTO ANOTHER WORLD

Thermaltake-Komponenten sind erhältlich bei:
www.alternate.de • www.amazon.de • www.caseking.de • www.conrad.de
www.cyberport.de • www.kmcomputer.de • www.notebooksbilliger.de
www.snogard.de • www.technikdirekt.de
... und in vielen weiteren Shops

Wo der Schuh drückt

Bevor aufgerüstet werden soll, ist erst eine Bestandsaufnahme notwendig, die klären soll, ob das System überhaupt verbessert werden muss und welche Komponente Staub angesetzt hat.

In Bezug auf den Lebenszyklus von Geräten nimmt Unterhaltungselektronik einen besonderen Status ein: Während viele Anschaffungen oft so lange genutzt werden, bis sie kaputt gehen, sind es bei Unterhaltungselektronik meist die kurzen Innovationszyklen, die beim Nutzer eines älteren Gerätes nach recht kurzer Zeit für eine gewisse Unzufriedenheit sorgen und ihn dazu bewegen, ein eigentlich voll funktionsfähiges Gerät zu ersetzen. Bei diversen rechnenden Geräteklassen kommt noch der inflationäre Verfall ihrer relativen Rechenleistung im Vergleich zu der von Neuerscheinungen dazu.

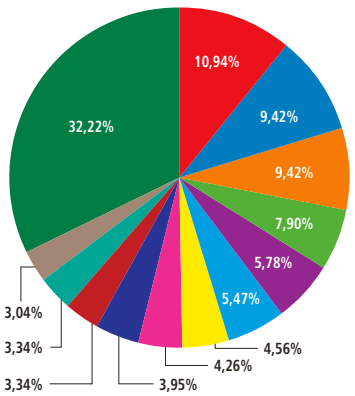
Genauso ist das auch beim PC: Obwohl der Gaming-Bolide aus dem Jahr 2005 auch heute noch problemlos und mit seiner vollen Leistung funktionieren kann, will mit so einem Methusalem-Modell im modernen Zeitalter keine Freude aufkommen. Hier handelt es sich natürlich um ein Extrembeispiel. Das ändert aber nichts daran, dass Spiele-PCs relativ schnell altern.

Den Status quo feststellen

Je nach Alter Ihres Rechenknechtes kann die Ausgangssituation sehr unterschiedlich sein. Bis zum Ende der 2000er-Jahre war es beispielsweise nicht unüblich, statt zu einem vierkernigen Prozessor zu einem flotten Zweikerner zu greifen. Diese waren zum damaligen Zeitpunkt nicht nur günstiger, sondern in vielen Spielen auch schneller. Das liegt heute wie auch damals an der begrenzten Mehrkernoptimierung von Spielen. Während die Vierkerner damals nur theoretische Vorteile in Spielen boten, in der Praxis aber oft hinter höher getaktete Zweikerner zurückfielen, sind es heute vierkernige CPUs, die den Standard darstellen. Inzwischen hat die Mehrkernoptimierung vieler Spiele aufgeholt und profitiert auch von mehr als zwei Threads. Eine Vierkern-Unterstützung ist keine Seltenheit mehr, sondern Standard

Zweikernige Prozessoren sind heute dagegen bereits für viele Spiele zu langsam: Zum grundsätzlichen Mangel an Geschwindigkeit bei den einzelnen Kernen kommt dazu, dass nur zwei davon vorhanden sind. Spiele, die mit mehr als zwei Threads zurechtkommen, werden damit stark ausgebremst und laufen auch bei ansonsten gleichen Taktraten und gleicher Pro-Takt-Leistung um einen mittleren zweistelligen Prozentbereich langsamer. Dabei ist das noch eine der sanfteren negativen Auswirkungen, die Anwender von Zweikern-Prozessoren derzeit erleben: In manchen Spielen wurde bereits die Unterstützung für Prozessoren mit nur zwei Rechenwerken gestrichen. Zu diesen gehören Far Cry 4 und Dragon Age Inquisition, die auf so einem System erst gar nicht mehr starten. Aber auch ältere Vierkerner sind im Vergleich zu modernen Modellen teils erheblich langsamer. Deutlich wird das, wenn man bedenkt, dass eine Quadcore-CPU aus der ersten Generation heute schon 10 Jahre auf dem Buckel hat. In der Praxis sind solche Prozessoren in Spiele-PCs mittlerweile jedoch eine Rarität. Das zeigt auch der Blick auf das Ergebnis unserer Forenumfrage, die wir oben auf der Seite aufbereitet haben. Laut dieser nutzen zwei Drittel der Teilnehmer eine CPU ab der Sandy-Bridge-Generation (i7-2600K) oder neuer. Aber auch wenn wir diese immer noch relativ leistungsfähige CPU als Basis neh-

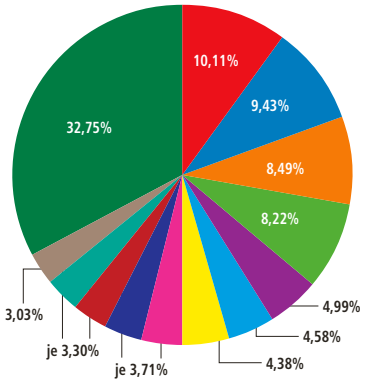
Welchen Prozessor nutzen Sie zum Spielen?



- Intel Core i7-4770K/4790K (4c/8t) 10,94%
- Intel Core i7-6700K (4c/8t) 9,42%
- AMD FX-9xx0/8xx0[E] (4m/8t) 7,90%
- Intel Core i5-6600K (4c/4t) 5,78%
- Intel Core i7-3770K (4c/8t) 5,78%
- Intel Core i7-2xx0(K) (4c/8t) ..5,47%
- Intel Core i5-3570K (4c/4t) 4,56%
- Intel Core i5-2xx0(K) (4c/4t) ..4,26%
- Intel Xeon E3-12xx v3 (4c/4-8t) 3,95%
- Intel Core i5-6xx0 (4c/4t).....3,34%
- Intel Core i7-5820K (6c/12t) ..3,34%
- Intel Core i5-4xx0 (4c/4t).....3,04%
- Sonstige 32,22%

Teilnehmer: 331
Quelle: PCGHX-Forum

Welche Grafikkarte nutzen Sie zum Spielen?



- Geforce GTX 1070 .....10,11%
- Geforce GTX 980 Ti.....9,43%
- Geforce GTX 1080 .....8,49%
- Geforce GTX 970 .....8,22%
- Radeon R9 290.....4,99%
- Geforce GTX 980 .....4,58%
- Radeon HD 7970 / GHz Edition / R9 280X 4,38%
- Radeon RX 480.....3,71%
- Radeon R9 390 .....3,71%
- Radeon R9 290X.....3,30%
- Geforce GTX 770/680 .....3,30%
- Radeon HD 7950 / R9 280 .....3,03%
- Sonstige 32,75%

Teilnehmer: 1484
Quelle: PCGHX-Forum

men, sind mit aktuellen Prozessoren Performance-Sprünge von bis zu 100 Prozent möglich.

Grafik-Gedanken

Ähnlich ist die Situation bei Grafikkarten. Diese entwickeln sich in der Regel deutlich flotter, als das bei Prozessoren der Fall ist. Das liegt daran, dass GPUs als massiv parallel arbeitende Chips wesentlich einfacher als universell einsetzbare Prozessoren skalierbar sind. Eine Grafikkarte, die im Jahr 2011 gut zu einer CPU wie dem zuvor erwähnten Core i7-2600K gepasst hätte, ist die Geforce GTX 580. Auch diese hat im Vergleich zum modernen Gegenstück, der GTX 1080, deutlich an Glanz verloren. Wenn wir unseren Grafikkarten-Index aus der regulären PCGH zu Rate ziehen, bescheinigt er uns mindestens eine Verfünffachung der Spieleleistung, wenn wir den alten durch den neuen Grafikbeschleuniger austauschen und die Verwendung einer ausreichend schnellen CPU voraussetzen. Mit solchen Aussichten wirkt eine Aufrüstung sehr attraktiv.

Meist sorgen die Innovationszyklen der Spiele recht schnell dafür, dass eine Grafikkarte aufgerüstet wird. Zu diesen stetig steigenden Anforderungen seitens der Software kommt, dass andere Hardware-Upgrades wie etwa ein hochauflösender Monitor, der in nativer Auflösung bespielt werden soll, die Grafikkarte viel eher als einen Prozessor unter der zusätzlichen Last keuchen lässt. Der Bildbeschleuniger altert technisch bedingt also schneller und wird demzufolge häufiger als CPUs getauscht. Auch das erkennen wir im Tortendiagramm oben: Die älteste Grafikkarte, die noch zu finden ist, ist die Radeon HD 7970/7950. Das wird jedoch stark durch den Fakt relativiert, dass diese Grafikkarten mit den neueren R9 280(X) zusammengefasst werden, da es sich bei diesen Karten im Prinzip nur um eine Neuetikettierung der älteren Modelle handelt. Im Schnitt sind die derzeit eingesetzten Pixelbeschleuniger also jünger als die CPUs, mit denen sie sich das Gehäuse teilen.

Richtig aufrüsten

Sobald die Entscheidung für die Aufrüstung gefallen ist, stellt sich natürlich die Frage, welche Komponenten ausgetauscht werden sollen und wo das Geld – gemessen in Fps (Bildern pro Sekunde) – am besten angelegt ist. Denn es gibt durchaus Situationen, wo das Upgrade einer einzelnen Komponente, auch wenn die neue theoretisch deutlich schneller als das alte Modell ist, kaum Vorteile bringt.

Eine solche Situation bezeichnet man als Limitierung und tritt immer dann auf, wenn eine Komponente übermäßig stark gefordert wird, sodass andere Teile des Systems ständig auf Eingabedaten für ihre Berechnungen warten müssen. Als Ergebnis ist die PC-Zusammenstellung durch den Flaschenhals insgesamt nicht ausgelastet und auch ein Austausch der unterforderten Bestandteile durch schnellere bringt keinen Performance-Gewinn. Betroffen sind hier fast immer Grafikkarte oder Hauptprozessor.

Es gibt mehrere Gründe, woraus ein solches Ungleichgewicht entstehen kann. Meist sind es einfach die Anforderungen, die eine Software stellt: So gibt es manche Spiele, die vor allem den Prozessor fordern, sowie andere, bei denen vor allem die GPU als bremsende Komponente auftritt. Das lässt sich nicht verhindern und ist auch nicht besonders tragisch. Wenn man jedoch bestimmte Vorlieben für ein Spiel hat, kann man diese Informationen für die Zusammenstellung eines neuen Systems nutzen und die Gewichtung entsprechend wählen.

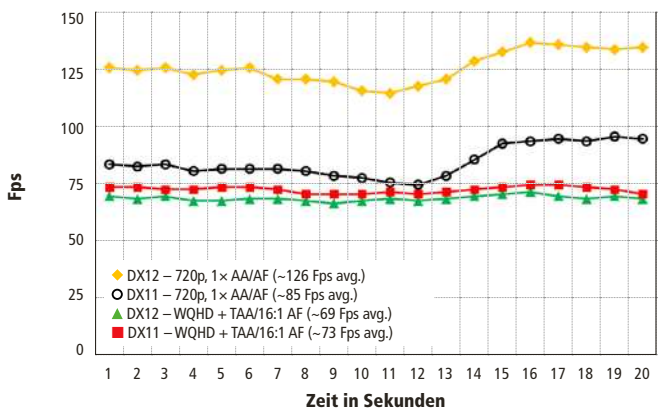
Schlimmer ist es, wenn solche Flaschenhälse durch ein ungleichmäßiges Aufrüsten entstehen, beispielsweise wenn man einige Hundert Euro in den Prozessor oder gar in eine komplett neue Plattform investiert, man anschließend aber feststellt, dass das bevorzugte Spiel kaum profitiert. Ein stark übertriebenes Beispiel sehen Sie im Benchmark auf der nächsten Seite: In diesem Fall befinden sich die Spiele Crysis 3 und Dragon Age Inquisition so stark im Grafik-Limit, dass ein doch recht betagter AMD FX-8350 mit Übertaktung unter diesen Umständen beinahe schon das Optimum an Leistung bietet und sogar der Wechsel auf einen Intel i7-5960X kein Leistungsplus bringt.

Und wie hilft das weiter?

Mit diesem Wissen können Sie nun ermitteln, ob Ihr System eher durch das Aufrüsten der Grafikkarte oder durch den Wechsel auf eine schnellere GPU profitiert. Verwenden Sie dazu Ihr Lieblingsspiel und probieren Sie in den Spieleeinstellungen

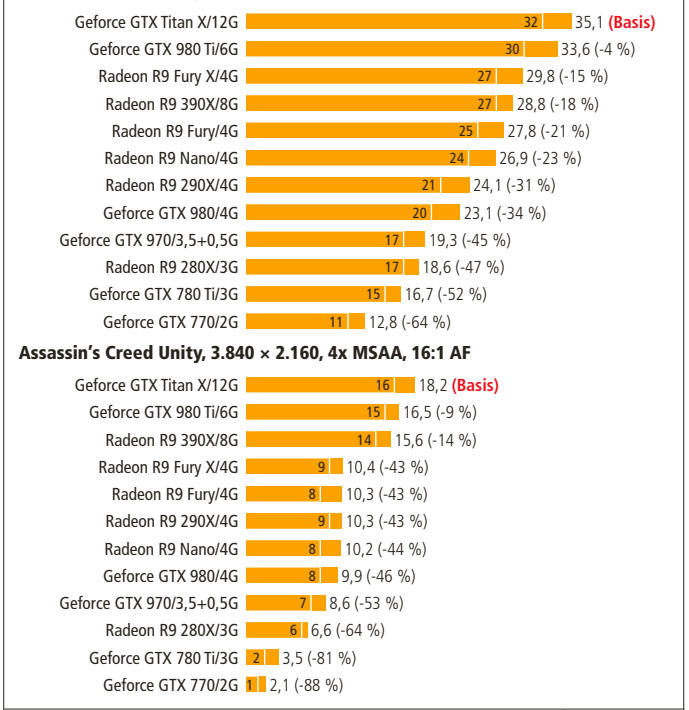
CPU-Limit: Direct X 12 hilft ungemein

Battlefield 1 Open Beta, Ultra-Preset – „Desert Storm"



System: AMD FX-8350 (4,0 GHz; NB @ 2,58 GHz), Radeon R9 Nano, Asus 990FX Sabertooth R2.0, 2 × 8G DDR3-2220, Windows 10 x64; RSC 16.8.2 Hotfix **Bemerkungen:** DX12 verschiebt das CPU-Limit von rund 85 auf 126 Fps. Im Grafiklimit (WQHD mit AA/AF) arbeitet DX12 jedoch langsamer als DX11.

Hi-Res-Gaming: Flaschenhals im Grafikspeicher



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800 (15-15-15-36, 1T), Windows 10 x64, Catalyst 15.8 Beta, Geforce 355.82 WHQL
Bemerkungen: In hohen Auflösungen zählt der Speicher mehr als die GPU.

Min. Ø Fps
▶ Besser

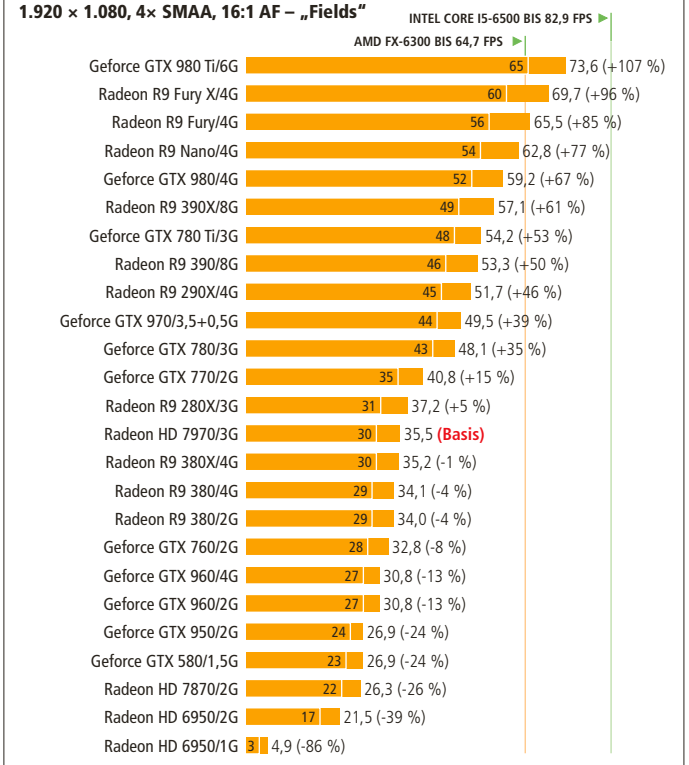
herum. Als Faustregel gilt dabei, dass hohe Auflösungen die Grafikkarte belasten, niedrige dagegen die CPU. Die anderen Grafikoptionen belasten in der Regel meist die GPU. Wenn Sie also die Auflösung erhöhen und die Frames pro Sekunde nur eine geringe Abweichung zu den unter regulären Einstellungen sonst üblichen Werten zeigen, ist das ein recht deutlicher Hinweis, dass Sie normalerweise im CPU-Limit spielen. Steigen Sie hingegen, ist das ein deutlicher Hinweis auf ein GPU-Limit, bei dem die Grafikkarte die limitierende Komponenten darstellt. Falls bei beiden Auflösungsanpassungen die Leistungswerte deutlich absinken, besitzen Sie ein relativ gut abgestimmtes System, zumindest in Bezug auf das getestete Spiel und den dort gewählten Einstellungen.

Die Messung erledigen Sie dabei am besten mit Fraps, das auch wir für unsere Benchmarks verwenden. Das kleine Tool hat den Vorteil, dass es nicht nur die Fps im Spiel anzeigen kann, sondern unter anderem auch die durchschnittlichen Bilder pro Sekunde über einen längeren Zeitraum ermittelt und in Textdateien festhält.

Weitere Flaschenhälse

CPU- und Grafiklimitierungen sind zwar die häufigsten Performance-Probleme, jedoch nicht die einzigen. Falls Sie sich als Freund hoher Auflösungen sehen, wird häufig das Grafikkarten-RAM zum knappen Gut. Der Benchmark auf der linken Seite zeigt einen Extremfall: Assassin's Creed Unity läuft sowohl in 1440p als auch in 2160p flott, sofern man eine Geforce GTX Titan X einsetzt. Aber auch Grafikkarten wie die Fury oder Fury X bieten bei 1440p eine sehr gute Leistung. Sobald die Auflösung jedoch auf 2160p gestellt wird, verlieren diese Karten stark, und selbst eigentlich deutlich langsamere Boards wie die R9 390X ziehen dank üppiger Grafikspeicher-Bestückung an den teureren Top-Modellen vorbei. Weniger deutlich ist der Unterschied bei zu wenig Hauptspeicher: In diesem Fall kann das Spiel zwar messtechnisch hohe Fps-Zahlen aufweisen, sich die Spieleerfahrung aber

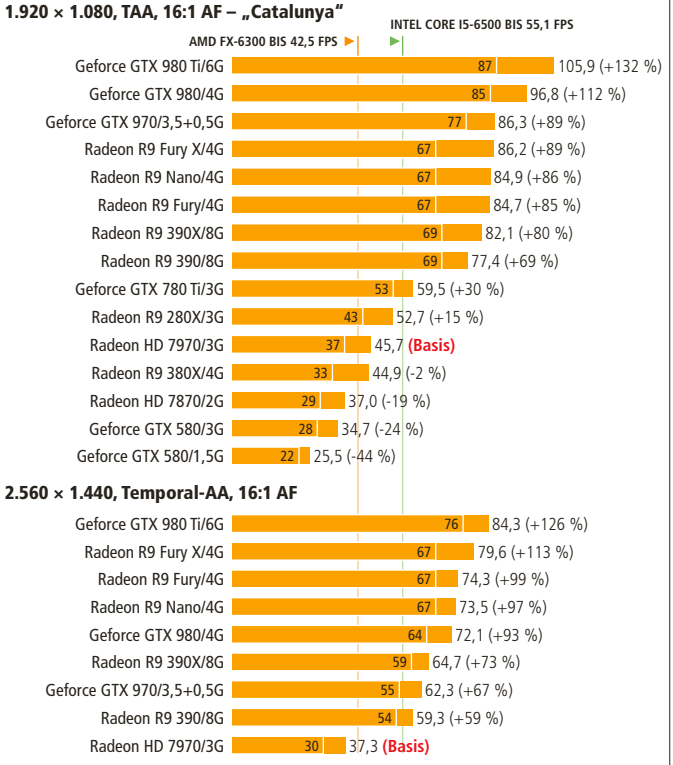
Crysis 3: CPU-GPU-Kombinationen getestet



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, 2 × 8 GiB DDR4-2800 (15-15-15-36, 1T), Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Die CPU-Limits sind für die 720p-Auflösung ohne MSAA angegeben. Sie zeigen an, welche CPUs für Crysis-3-Singleplayer in Full-HD noch ausreichen.

Min. Ø Fps
▶ Besser

F1 2015: CPU-GPU-Kombinationen getestet



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz, 2 × 8 GiB DDR4-2800 (15-15-15-36, 1T), Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Die CPU-Limits sind für die 720p-Auflösung ohne MSAA angegeben. Sie zeigen an, welche CPU-Typen für F1 2015 in Full-HD noch ausreichen.

Min. Ø Fps
▶ Besser

dennoch ruckelig anfühlen. Das liegt an einzelnen Bildern, deren Berechnung durch das Auslagern von Daten überproportional lange dauert. Bei konstant 60 Fps stehen 16 ms für die Berechnung eines Frames zur Verfügung. Dieser für viele Spieler angenehme Wert wird bei Speichermangel kurzzeitig deutlich überschritten, es ruckelt. Das Spiel fühlt sich durch diese Spitzen langsamer an, als es ist. Indem Sie mehr Arbeitsspeicher einbauen, verringern Sie die Anzahl und Dauer solcher Verzögerungen.

Zukunftsaussichten

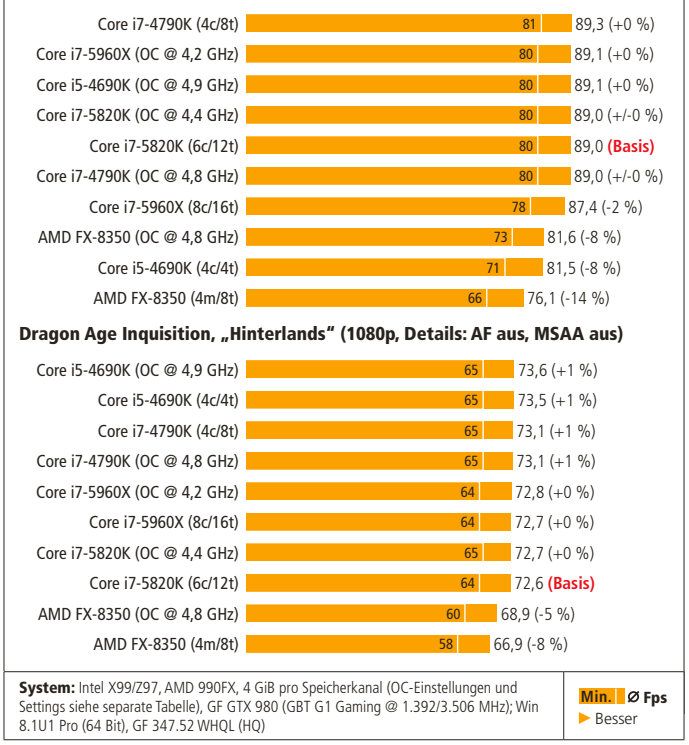
Zumindest was Prozessoren angeht, könnte sich zukünftig ein großer Umbruch einstellen. Denn das, was durch AMD mit Mantle angestoßen wurde, wird nun mit den Programmierschnittstellen Direct X 12 und Vulkan auf breiter Basis umgesetzt. Ein Beispiel für die Ergebnisse ist der Verlauf auf der zweiten Seite dieses Artikels: Das Ende Oktober final erscheinende Battlefield 1 nutzt Direct X 12 und kann uns somit zeigen, wie sich die API bei CPU-Limitierung auswirkt. Unter WQHD tut sich nicht viel, Direct X 12 ist hier derzeit sogar etwas langsamer als Direct X 11. Große Unterschiede gibt es jedoch, wenn wir die CPU-Last künstlich erhöhen und wir die 720p-Auflösung bemühen. Hier sind bei der Verwendung von gleicher Hardware und den gleichen Settings Performance-Sprünge von bis zu 50 Prozent möglich. Unter realistischen Bedingungen ist der Effekt aber nicht so groß. Trotzdem sollte man ihn beim Hardware-Neueinkauf mitnehmen.

Fazit

Wohin mit dem Geld?

Mit etwas Wissen um das Verhalten von PC und Spielen ist es kein Problem herauszufinden, ob und, falls ja, wo eine Aufrüstung sinnvoll ist. So können Sie eine sinnvolle Entscheidung für den Hardware-Kauf treffen und vermeiden Fehlkäufe von Komponenten, welche die maximale Leistungsfähigkeit in Ihrem System nicht erreichen.

So sieht Grafiklimitierung aus



System: Intel X99/Z97, AMD 990FX, 4 GiB pro Speicherkanal (OC-Einstellungen und Settings siehe separate Tabelle), GF GTX 980 (GBT G1 Gaming @ 1.392/3.506 MHz); Win 8.1U1 Pro (64 Bit), GF 347.52 WHQL (HQ)

Min. Ø Fps
▶ Besser

KOMMEN SIE INS SPIEL!
Steigern Sie Ihr Spieleerlebnis mit
OCZ RD400 NVMe® PCIe® 3.0 x 4 Solid State Drives

OCZ RD400 SSDs bieten für leidenschaftliche Freizeit- und Hardcore-Gamer sowie professionelle Foto- und Videobearbeitung einen neuen Hochleistungsmaßstab und rasante Reaktionszeiten. Neben einer extremen Leistungsfähigkeit wurde die OCZ RD400-Serie speziell für den Einsatz in mobilen Geräten, Desktops und Workstations entwickelt. Profitieren Sie schon heute von den Leistungsvorzügen der NVMe-Schnittstelle.

Erhältlich als M.2-Modul oder mit PCIe-Adapterkarte

Eigenschaften
- NVMe-Schnittstelle: Reduziert die Latenz für eine noch reaktionsfreudigere Performance
- Extrem schnell mit einer max. Lese-/Schreibgeschwindigkeit von bis zu 2.600/1.600 MB/s[1]
- PCI Express® Gen. 3x4
- M.2 2280 Formfaktor
- RD400 Treiber: Liefert mehr Performance als der Standardtreiber von Microsoft[2]
- 5 Jahre Erweitertes Garantieprogramm mit Vorabaustausch und ohne Rücksendekosten
- Kapazitäten: 128 GB, 256 GB, 512 GB und 1024 GB[3]

Erhältlich bei
ALTERNATE bequem online — alternate.de
cyberport — cyberport.de
reichelt elektronik — reichelt.de
TECHNIKdirekt — technikdirekt.de

NVMe® und NVM Express® sind eine Marke von NVM Express, Inc. PCIe® und PCI Express® eine registrierte Marke von PCI-SIG.
Die Lese- und Schreibgeschwindigkeiten können abhängig vom Host-Gerät, der Lese- und Schreibbedingungen und der Dateigröße variieren.
1. 128KiB Sequenzielle Geschwindigkeiten werden mit ATTO v2.47 gemessen.
2. Basierend auf internen Vergleichstests der OCZ Treiberversion 1.2.126.827 und dem MS-Standardtreiber.
3. Kapazitätsdefinition: Toshiba definiert ein Megabyte (MB) als 1.000.000 Bytes, ein Gigabyte (GB) als 1.000.000.000 Bytes und ein Terabyte (TB) als 1.000.000.000.000 Bytes. Ein Computerbetriebssystem gibt die Speicherkapazität jedoch als Potenz von 2 für die Definition 1 GB = 2^{30} = 1.073.741.824 Bytes und zeigt somit weniger Speicherkapazität an. Die verfügbare Speicherkapazität (einschließlich der Beispiele verschiedener Medien-Dateien) wird basierend auf Dateigröße, Formatierung, Einstellungen, Software und Betriebssystem, wie das Microsoft Betriebssystem, und/oder vorinstallierte Software-Anwendungen oder Medieninhalte variieren. Die tatsächliche formatierte Kapazität kann variieren.
© 2016 TOSHIBA CORPORATION, alle Rechte vorbehalten. OCZ ist eine Marke oder ein eingetragenes Markenzeichen der Toshiba Corporation und/oder deren Tochtergesellschaften. Alle anderen Marken sind Eigentum ihrer jeweiligen Inhaber.

TOSHIBA
Leading Innovation >>>

Aufrüsten leicht gemacht

Battlefield 1, Deus Ex: Mankind Divided und Quantum Break ruckeln? Dann wird es höchste Zeit für eine moderne DX12-Grafikkarte. Wir verraten, welche Modelle sich lohnen.

Wenn moderne Spiele selbst in niedrigen Auflösungen ruckeln, ist es höchste Zeit für eine schnellere Grafikkarte. Dieser Artikel liefert Ihnen Anregungen, welche Modelle sich hierfür eignen und welche nicht.

Bestandsaufnahme

Was den optimalen Aufrüstzeitpunkt angeht, da scheiden sich die Geister. Es gibt Leute, die von einem Topmodell auf das nächste springen. Andere wechseln jede oder alle zwei Generationen auf die aktuelle Mittelklasse. Daneben gibt es noch die Langzeitnutzer, welche bis zum bitteren Ende auf ihrer Grafikkarte sitzen bleiben; erst Diashows liefern ihnen den nötigen Antrieb zur Aufrüstung. Fakt ist: Die Entwicklung hat sich verlangsamt, eine Verdopplung der Leistung alle zwei Jahre ist aufgrund physikalischer Gegebenheiten nicht mehr realisierbar. Stattdessen wird verstärkt an Konzepten zur Effizienzsteigerung gearbeitet, um aus der wertvollen Chipfläche möglichst viele Rechenoperationen bei möglichst geringer Leistungsaufnahme zu pressen. Infolgedessen hält einmal gekaufte Hardware länger. Gerade fand der Wechsel auf neue Fertigungsverfahren mit 16 respektive 14 Nanometer Strukturbreite statt – ein idealer Zeitpunkt zum Aufrüsten!

Gezielte Aufrüsthilfe

In diesem Artikel finden Sie unzählige Leistungswerte aktueller und älterer Grafikkarten, die Sie direkt vergleichen können. Anstelle normaler Balken-Benchmarks präsentieren wir Ihnen den kompletten Inhalt unseres Leistungsindex: Neben den normierten, gewichteten Gesamtwerten von 20 Grafikkarten finden Sie auch alle Einzel-Indizes der drei darin verrechneten Auflösungen 1.920 × 1.080 (Full HD), 2.560 × 1.440 (WQHD) und 3.840 × 2.160 (Ultra HD).

Aufrüstmatrizen runden die Betrachtung ab. Dabei handelt es sich um die gleiche Wertebasis, allerdings anschaulich und mit Signalfarben gegenübergestellt. Das Prinzip ist einfach: Suchen Sie zunächst nach Ihrer Grafikkarte in der ersten Spalte und wandern Sie anschließend in der entsprechenden Zeile nach rechts. Grafikkarten, die ausgehend von Ihrem Modell einen fühlbaren Leistungsgewinn erzielen, sind gelb hervorgehoben. Richtig lohnenswert ist ein Upgrade jedoch erst bei den grün markierten Grafikkarten, da hier mindestens 40, meist sogar deutlich höhere Fps-Gewinne möglich sind – stets unter der Voraussetzung, dass nicht doch Ihr Hauptprozessor (CPU) der Bremsklotz ist. Das finden Sie leicht heraus: Steigt die Bildrate im betreffenden Spiel selbst dann nicht oder nur minimal, wenn Sie die Pixelmenge auf 1.280 × 720 reduzieren sowie Anti-Aliasing und anisotrope Filterung abschalten, dann ist ein CPU-Upgrade sinnvoller als das der Grafikkarte.

Nicht beim RAM knausern

Haben Sie sich ein neues Modell ausgesucht, müssen Sie sich in Einzelfällen zwischen verschiedenen Speichermengen entscheiden. Basierend auf unseren Beobachtungen mit neuen Spielen raten wir in aller Deutlichkeit dazu, keine Grafikkarte mit weniger als 4 GiByte Speicher zu kaufen. PC-Spiele haben sich in den vergangenen zwei Jahren deutlich weiterentwickelt, vor allem bei der Beleuchtungs- und Texturqualität. Damit geht vor allem ein deutlich größerer Speicherbedarf einher. Wer moderne Spiele wie beispielsweise Battlefield 1, Deus Ex: Mankind Divided, Quantum Break und Rise of the Tomb Raider mit hohen bis maximalen Details spielen möchte, sollte mindestens 200 Euro in die Grafikkarte investieren.

Für diesen Gegenwert erhalten Sie eine Radeon RX 470 mit 4 GiByte, die allen aktuellen Spielen gewachsen ist und ein großes Leistungsplus gegenüber älteren Karten bringt. Wie groß das im Detail ausfällt, sehen Sie in der Aufrüstmatrix am Ende dieses Artikels. Nvidia bietet in diesem Preisbereich lediglich die 3-GiByte-Version der Geforce GTX 1060 an. Diese liefert zwar in älteren und bezüglich des Grafikspeichers anspruchslosen Spielen eine etwas höhere Leistung als die Radeon RX 470/4G, bricht jedoch bei den oben genannten Titeln (sowie weiteren) stark ein.

Eine relativ zukunftssichere Investition ist im 300-Euro-Bereich möglich. Hier warten Herstellerdesigns der Radeon RX 480/8G und Geforce GTX 1060/6G auf Sie. Beide Modelle sind aktuellen Spielen mit maximalen Details gewachsen und Speicherprobleme sind nicht zu befürchten. Wer noch mehr Geld investieren möchte und dabei Wert auf ein vertretbares Preis-Leistungs-Verhältnis legt, sollte zur Geforce GTX 1070 greifen. Entsprechende Karten tragen stets 8 GiByte und liefern eine hohe Leistung. *(rv)*

GPU-Leistungsindex: Top 20

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**
■ Gesamt ■ FHD ■ WQHD ■ UHD | Preis-Leistungs-Index (PLV): Mehr ist besser

Nvidia Titan X
Takt: 1.531 MHz, 10 GT/s
RAM: 12 GiB GDDR5X
Preis: Ca. 1.300 €
PLV: 36,8 %

100 % / 100 % / 100 % / 100 %

ACU: 85/59/31	C3: 119/78/39	F1: 117/112/75	MLL: 108/61/24	ECR: 119/75/36
BI: 188/146/82	CW: 102/91/50	FC4: 133/106/63	R3E: 129/95/53	W3: 90/71/45
CAW: 192/134/73	DAI: 87/60/32	GTA: 90/77/49	TES: 236/213/130	WOB: 127/84/42

Geforce GTX 1080
Takt: 1.733 MHz, 8 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 670 € (-30)
PLV: 59,3 %

83,1 % / 86,4 % / 81,3 % / 78,2 %

ACU: 71/48/25	C3: 96/61/30	F1: 116/105/64	MLL: 78/42/16	ECR: 94/58/28
BI: 169/122/63	CW: 102/77/38	FC4: 118/87/51	R3E: 111/80/42	W3: 77/58/35
CAW: 160/109/58	DAI: 75/50/26	GTA: 86/70/41	TES: 226/174/101	WOB: 87/56/32

Geforce GTX 1070
Takt: 1.683 MHz, 8 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 420 € (-40)
PLV: 78,1 %

68,6 % / 72,3 % / 66,4 % / 63,3 %

ACU: 59/39/20	C3: 77/48/24	F1: 109/88/51	MLL: 67/37/15	ECR: 76/47/22
BI: 142/97/49	CW: 94/62/30	FC4: 97/71/56	R3E: 90/63/33	W3: 60/46/28
CAW: 128/87/45	DAI: 60/40/21	GTA: 71/56/33	TES: 184/143/83	WOB: 79/51/30

Geforce GTX Titan X
Takt: 1.075 MHz, 7 GT/s
RAM: 12 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

67,7 % / 71,2 % / 65,5 % / 62,7 %

ACU: 53/36/19	C3: 77/48/24	F1: 109/89/52	MLL: 71/39/114	ECR: 74/45/21
BI: 147/103/52	CW: 94/62/29	FC4: 91/67/39	R3E: 88/62/33	W3: 56/43/27
CAW: 127/86/46	DAI: 58/39/20	GTA: 64/51/31	TES: 183/135/80	WOB: 89/58/32

Geforce GTX 980 Ti
Takt: 1.075 MHz, 7 GT/s
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 400 € (-50)
PLV: 77,1 %

64,5 % / 68,1 % / 62,4 % / 59,4 %

ACU: 50/34/17	C3: 74/46/23	F1: 106/84/51	MLL: 67/37/14	ECR: 70/44/20
BI: 142/99/51	CW: 93/58/28	FC4: 88/64/37	R3E: 84/59/30	W3: 52/41/25
CAW: 119/81/43	DAI: 55/38/20	GTA: 60/49/29	TES: 176/129/77	WOB: 81/54/30

Radeon R9 Fury X
Takt: 1.050 MHz, 1 GT/s
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Ca. 400 € (-200)
PLV: 70,3 %

58,8 % / 60,5 % / 57,6 % / 56,6 %

ACU: 46/30/13	C3: 70/47/24	F1: 86/80/50	MLL: 55/32/13	ECR: 57/38/19
BI: 151/101/52	CW: 87/58/30	FC4: 96/70/41	R3E: 63/43/23	W3: 50/40/26
CAW: 104/73/39	DAI: 47/33/18	GTA: 56/47/29	TES: 134/104/66	WOB: 66/48/28

Radeon R9 Fury
Takt: 1.000 MHz, 1 GT/s
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Ca. 350 € (-80)
PLV: 74,5 %

54,5 % / 56,2 % / 53,2 % / 52,5 %

ACU: 44/28/12	C3: 66/44/22	F1: 85/74/45	MLL: 51/30/12	ECR: 53/36/18
BI: 137/91/47	CW: 83/54/27	FC4: 89/65/37	R3E: 55/38/20	W3: 46/37/24
CAW: 96/68/37	DAI: 44/31/17	GTA: 51/42/27	TES: 124/97/61	WOB: 63/46/28

Radeon R9 Nano
Takt: ~910 MHz, 1 GT/s
RAM: 4 GiB HBM
Preis: Ca. 460 € (-20)
PLV: 55,7 %

53,6 % / 55,2 % / 52,4 % / 51,8 %

ACU: 43/27/12	C3: 63/42/22	F1: 85/74/44	MLL: 49/28/11	ECR: 49/32/16
BI: 137/93/48	CW: 81/53/27	FC4: 85/63/37	R3E: 57/40/21	W3: 43/35/23
CAW: 94/68/37	DAI: 43/31/17	GTA: 51/43/27	TES: 125/98/63	WOB: 63/45/27

Geforce GTX 980
Takt: 1.216 MHz, 7 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 300 € (-50)
PLV: 84,7 %

53,1 % / 57,4 % / 50,4 % / 47,2 %

ACU: 42/23/10	C3: 59/37/18	F1: 97/72/41	MLL: 54/30/12	ECR: 58/35/16
BI: 122/79/39	CW: 76/45/22	FC4: 75/53/30	R3E: 73/49/25	W3: 43/33/20
CAW: 101/67/34	DAI: 44/29/15	GTA: 56/43/25	TES: 146/105/61	WOB: 70/44/25

Geforce GTX 1060/6G
Takt: 1.709 MHz, 8 GT/s
RAM: 6 GiB GDDR5
Preis: Ca. 270 € (-10)
PLV: 89,3 %

50,4 % / 54,5 % / 47,9 % / 44,5 %

ACU: 43/28/13	C3: 56/35/17	F1: 92/65/35	MLL: 46/26/11	ECR: 53/32/14
BI: 112/72/35	CW: 74/45/21	FC4: 71/51/28	R3E: 66/44/23	W3: 41/31/19
CAW: 95/62/31	DAI: 44/29/15	GTA: 56/43/24	TES: 144/103/58	WOB: 62/40/24

Radeon R9 390X
Takt: 1.050 MHz, 6 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 330 € (+10)
PLV: 72,5 %

50,0 % / 51,9 % / 48,5 % / 47,7 %

ACU: 45/29/16	C3: 57/37/19	F1: 82/65/37	MLL: 40/24/10	ECR: 46/30/15
BI: 122/79/40	CW: 78/50/25	FC4: 81/58/33	R3E: 50/35/18	W3: 39/31/20
CAW: 89/62/33	DAI: 44/30/16	GTA: 49/41/24	TES: 119/92/58	WOB: 64/46/26

Radeon R9 390
Takt: 1.000 MHz, 6 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 270 € (±0)
PLV: 82,7 %

46,7 % / 48,5 % / 45,1 % / 44,6 %

ACU: 39/27/15	C3: 53/36/18	F1: 77/59/34	MLL: 37/22/10	ECR: 43/28/14
BI: 113/73/37	CW: 72/47/23	FC4: 75/53/30	R3E: 46/32/17	W3: 37/29/19
CAW: 83/58/31	DAI: 39/27/15	GTA: 48/39/23	TES: 111/85/54	WOB: 61/44/25

Geforce GTX 1060/3G
Takt: 1.709 MHz, 8 GT/s
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Ca. 220 €
PLV: 100 %

46,0 % / 50,7 % / 43,8 % / 38,6 %

ACU: 35/23/2	C3: 52/32/16	F1: 86/53/32	MLL: 44/25/10	ECR: 50/30/11
BI: 109/68/34	CW: 69/42/20	FC4: 67/46/25	R3E: 59/40/21	W3: 38/29/17
CAW: 85/55/27	DAI: 42/28/14	GTA: 54/41/23	TES: 134/96/54	WOB: 59/37/22

Radeon RX 480/8G
Takt: ~1.190 MHz, 8 GT/s
RAM: 8 GiB GDDR5
Preis: Ca. 270 € (±0)
PLV: 79,9 %

45,1 % / 48,5 % / 43,3 % / 40,2 %

ACU: 38/25/13	C3: 50/31/15	F1: 87/68/37	MLL: 38/21/7	ECR: 42/27/13
BI: 109/68/33	CW: 64/41/19	FC4: 75/53/28	R3E: 47/30/15	W3: 39/30/19
CAW: 85/55/28	DAI: 38/25/13	GTA: 52/41/23	TES: 116/84/49	WOB: 48/36/21

Radeon R9 290X
Takt: 1.000 MHz, 5 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

45,0 % / 46,8 % / 44,0 % / 42,5 %

ACU: 34/24/10	C3: 52/34/17	F1: 79/62/35	MLL: 37/22/10	ECR: 42/28/14
BI: 111/71/35	CW: 70/46/23	FC4: 64/48/29	R3E: 46/32/17	W3: 37/29/19
CAW: 82/58/31	DAI: 38/26/14	GTA: 45/38/22	TES: 111/86/54	WOB: 58/42/23

Geforce GTX 970
Takt: 1.178 MHz, 7 GT/s
RAM: 3,5+0,5 GiB GDDR5*
Preis: Ca. 220 € (-40)
PLV: 95,7 %

44,0 % / 48,1 % / 41,7 % / 38,3 %

* 3.584 MiB (224 Bit) + 512 MiB (32 Bit)

ACU: 35/19/9	C3: 50/30/14	F1: 86/62/33	MLL: 43/24/10	ECR: 46/28/10
BI: 105/67/33	CW: 62/38/18	FC4: 62/44/24	R3E: 59/39/20	W3: 35/27/16
CAW: 84/53/28	DAI: 39/25/12	GTA: 48/37/20	TES: 120/87/50	WOB: 58/37/21

Geforce GTX 780 Ti
Takt: 928 MHz, 7 GT/s
RAM: 3 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

43,9 % / 47,8 % / 43,0 % / 37,0 %

ACU: 30/18/4	C3: 54/31/16	F1: 61/47/28	MLL: 45/26/10	ECR: 44/28/4
BI: 116/76/38	CW: 64/40/19	FC4: 65/47/27	R3E: 61/40/20	W3: 31/25/17
CAW: 82/57/27	DAI: 36/25/12	GTA: 43/35/21	TES: 121/91/55	WOB: 85/54/21

Radeon RX 480/4G
Takt: ~1.200 MHz, 7 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 250 € (±0)
PLV: 82,1 %

42,9 % / 46,3 % / 41,2 % / 37,7 %

ACU: 33/22/9	C3: 47/30/14	F1: 85/66/36	MLL: 37/20/7	ECR: 41/26/12
BI: 104/65/31	CW: 62/38/18	FC4: 74/52/28	R3E: 45/29/14	W3: 38/29/18
CAW: 81/53/27	DAI: 37/24/12	GTA: 51/39/22	TES: 114/83/48	WOB: 47/35/20

Radeon R9 290
Takt: 947 MHz, 5 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Nicht lieferbar
PLV: –

42,2 % / 44,0 % / 41,0 % / 39,7 %

ACU: 33/23/10	C3: 48/32/16	F1: 74/57/32	MLL: 34/21/9	ECR: 39/26/13
BI: 103/66/33	CW: 65/42/21	FC4: 59/44/26	R3E: 42/29/15	W3: 34/27/17
CAW: 77/53/28	DAI: 35/25/13	GTA: 44/35/21	TES: 103/79/50	WOB: 57/41/23

Radeon RX 470/4G
Takt: 1.205 MHz, 6,6 GT/s
RAM: 4 GiB GDDR5
Preis: Ca. 205 €
PLV: 94,5 %

40,5 % / 43,7 % / 38,7 % / 35,8 %

ACU: 33/21/10	C3: 45/28/14	F1: 81/61/34	MLL: 35/19/7	ECR: 39/25/12
BI: 97/60/29	CW: 57/35/17	FC4: 69/49/27	R3E: 42/27/14	W3: 36/28/17
CAW: 76/49/25	DAI: 35/23/12	GTA: 47/36/20	TES: 107/77/45	WOB: 44/33/18

System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64; anisotroper Texturfilter konsequent auf „Hohe Qualität" (HQ-AF); Vsync aus
Spielenamen: Assassin's Creed Unity (ACU), Bioshock Infinite (BI), Call of Duty: Advanced Warfare (CAW), Crysis 3 (C3), Crysis Warhead (CW), Dragon Age Inquisition (DAI), F1 2015 (F1), Far Cry 4 (FC4), Grand Theft Auto 5 (GTA), Metro Last Light Redux (MLL), Risen 3 Enhanced Edition (R3E), The Elder Scrolls 5: Skyrim (TES), The Vanishing of Ethan Carter Redux (ECR), The Witcher 3 (W3), Wolfenstein: The Old Blood (WOB).

Gaming-Grafikkarten mit Geforce-GPU

MSI GTX 1060 Gaming X (6 GiB)

Die Geforce GTX 1060 in der 6-GiByte-Version ist gut, die MSI-Version mit werkseitiger Übertaktung und flüsterleiser Kühlung noch etwas besser.

Nvidias Geforce GTX 1060 mit 6 GiByte Speicher rechnet etwas schneller als AMDs Radeon RX 480 mit 8 GiByte, sofern man die jeweiligen Referenzkarten miteinander vergleicht. MSI verbessert alle relevanten Punkte: Neben einer aufgebohrten Spannungsversorgung bietet die Karte einen wesentlich stärkeren Kühler als Nvidias Founders Edition. Dieser legt seine beiden Lüfter im Leerlauf, bei Youtube & Co. still, sodass die Karte hier keinen Mucks von sich gibt. Unter Last ändert sich an der Geräuschkulisse kaum etwas, denn die Lüfter drehen hier mit höchstens 1.050 U/min, was in sehr guten 0,7 Sone Lautheit resultiert – das ist nur schwer aus einem geschlossenen Gehäuse herauszuhören. Dabei leidet die Leistung keineswegs: MSI gibt der Karte ein erhöhtes Powerlimit auf den Weg, das GPU-Boostfrequenzen von mindestens 1.950 MHz erlaubt – die Referenzversion fällt mitunter auf weniger als 1.800 MHz und ist somit fühlbar langsamer.

Gigabyte GTX 1070 G1 Gaming

Die GTX 1070 ist preislich wesentlich attraktiver als ihre große Schwester GTX 1080. Gigabytes G1 Gaming macht Gutes noch besser.

Gigabytes G1 Gaming ist ein gelungenes Custom-Design auf Basis der begehrten High-End-Grafikkarte von Nvidia. Der Basistakt beträgt 1.595 anstelle von 1.506 MHz, sodass die garantierte Leistung der GTX 1070 G1 Gaming um sechs Prozent höher ausfällt als bei der Founders Edition (Nvidia-Referenzdesign). Dank des ausgeklügelten Kühldesigns, welches drei 80-mm-Axiallüfter sowie zwei Heatpipes mit direktem GPU-Kontakt beherbergt, fällt der automatische GPU-Boost noch etwas höher aus als das Plus des Basistakts: Mit 1.873 MHz rechnet unsere Testkarte mindestens, in den meisten Fällen beträgt der Boost sogar 1.911 MHz. Das führt zu einem mittleren und durchaus fühlbaren Plus von zehn Prozent gegenüber Standardkarten, welche gewöhnlich mit 1.650 bis 1.700 MHz arbeiten – an die (wesentlich teurere) GTX 1080 Founders Edition kommt die GTX 1070 G1 Gaming jedoch nicht heran. Zur Lautheit: Im Leerlauf bei 0,0 Sone (Stille dank stehender Lüfter), steigt der Geräuschpegel unter Volllast auf höchstens 3,5 Sone.

MSI GTX 1080 Gaming X (8 GiB)

Die Geforce GTX 1080 liefert Leistung satt. Wer zu einem Custom-Design wie der Gaming X greift, darf sich außerdem über leise Kühlung freuen.

Die MSI Geforce GTX 1080 Gaming X 8G bietet alles, was sich anspruchsvolle Spieler wünschen: den starken GP104-Grafikprozessor mit moderner 16-Nanometer-Fertigung, werkseitige Übertaktung sowie 8 GiByte Speicher. Bei Letzterem handelt es sich um den neuen GDDR5X-Speicher, welcher dank doppelt so vieler parallel übertragener Datenpakete eine effektive Frequenz von 5 GHz erreicht. Zum Vergleich: Der GDDR5 einer GTX 1070 arbeitet „nur" mit 4 GHz. MSIs Interpretation der GTX 1080, die Gaming X 8G, verbessert die Nvidia-Vorlage, Founders Edition genannt, in beinahe jeder Disziplin. Neben einer verbreiterten Platine mit deutlich verstärkter Stromversorgung trägt die Karte den mächtigen Kühler Twin Frozr VI. Dessen zwei Axiallüfter stehen im Leerlauf still und arbeiten selbst unter Volllast mit moderater Lautstärke, obwohl die Karte eine ordentliche Übertaktung mitbringt: GPU-Boost-Frequenzen jenseits von 1,9 GHz sind die Regel. Einziger Wermutstropfen: Für das gelungene Gesamtpaket müssen Sie fast 800 Euro berappen.

Gaming-Grafikkarten mit Radeon-GPU

Asus RX 470 Strix OC (4 GiB)

Die Radeon RX 470 mit 4 GiByte Speicher stellt derzeit die beste Wahl dar, wenn es eine Grafikkarte ab 200 Euro sein soll.

Der Preisbereich um 200 Euro gehört unter Normalsterblichen zu den beliebtesten – nicht jedermann gibt Unsummen für eine Grafikkarte aus. Asus' Eigendesign der Radeon RX 470/4G bietet alles, was Käufer in diesem Preissegment erwarten können: eine moderne GPU mit DX12-Unterstützung, angemessene Speicherbestückung sowie eine werkseitige Übertaktung. Während die Referenzkarte von AMD unter optimalen Bedingungen mit 1.205 MHz arbeitet, rechnet die ROG Strix RX 470 OC im voreingestellten „Gaming Mode" mit 1.250 MHz (+4 % OC); der Grafikspeicher bleibt bei der Vorgabe von 3.300 MHz. Das führt zu einer Leistung nahe, aber nicht ganz auf dem Niveau der RX 480 mit 4 GiByte im Referenzdesign. Der Strix-Kühler hält die GPU dabei auf sehr niedrigen 60 Grad und erzeugt eine befriedigende Lautstärke. Auch die Energieeffizienz ist gut: Wir messen unter Spiele-Volllast einen Verbrauch von rund 145 Watt. Wer von einer älteren Grafikkarte aufrüstet, braucht folglich keine steigenden Energiekosten zu fürchten – oder gar ein neues Netzteil zu kaufen.

Sapphire RX 480 Nitro+ OC (8 GiB)

Aus dem Hause Sapphire stammt die schnellste Version der Radeon RX 480 – ein hoher Boost auf 1.342 MHz macht's möglich.

Bei der Radeon RX 480 handelt es sich um die modernste Grafikkarte aus dem Hause AMD. Auf ihr kommt der Vollausbau des in 14-nm-Strukturen gefertigten Polaris-10-Prozessors zum Einsatz, während 8 GiByte GDDR5-Speicher genügend Stauraum für die Daten der neuesten Spiele bietet. Der AMD-Partner Sapphire liefert mit der RX 480 Nitro+ 8GB ein umfassendes Redesign der AMD-Karte ab. Neben einer verstärkten Platine und Kühlung hat vor allem die werkseitige Übertaktung auf 1.342 MHz eine Erwähnung verdient. Diese Frequenz liegt werkseitig an, denn die Nitro+ OC arbeitet standardmäßig mit ihrem Boost-BIOS. In Kombination mit dem erhöhten Powerlimit erreicht die Nitro+ OC somit beinahe das Niveau der GTX 1060/6G. Nutzer haben zusätzlich die Möglichkeit, einen kleinen Schalter an der Oberseite umzulegen und dort das Quiet-BIOS der Karte zu aktivieren. Dieses bietet 1.266 MHz, welche unter Last gehalten werden – das schafft die Referenzkarte nicht annähernd –, bei hörbar niedrigerer Lautstärke.

AMD Radeon R9 Nano (4 GiB)

Man sieht es ihr nicht an, doch sie ist die kleinste Oberklasse-Grafikkarte der Welt und das effizienteste (AMD-)Produkt der 28-nm-Ära.

Die Radeon R9 Nano mit Fiji-GPU gilt als das wahre Highlight der vergangenen Generation. Während ihre großen Geschwister, die R9 Fury und vor allem die Fury X, auf hohe Leistung getrimmt wurden und folglich einen großen Stromdurst aufweisen, ist die R9 Nano ein in jeder Hinsicht kompaktes Powerpaket: Die AMD-Ingenieure haben die Leistung einer Geforce GTX 980 respektive Radeon R9 Fury in 15,3 cm Länge gepresst, was die Nano ideal für beengte Gehäuse vom Schlage Mini-ITX macht. Möglich wird dies durch den nach wie vor exklusiv bei den Fiji-GPUs verwendeten Hochleistungsspeicher HBM, der besonders platzsparende Designs ermöglicht. Die Leistungsaufnahme beträgt unter Volllast rund 185 Watt und wird mithilfe einer einzelnen 8-Pol-Buchse gestillt – hier steht kein Netzteil vor einer Herausforderung. Wie alles im Leben hat jedoch auch die Nano einen Haken: Bei Redaktionsschluss kostete AMDs Kleinste noch gute 450 Euro, was rein auf die Leistung bezogen eine Stange Geld ist – ITX-Freunde und Sammler dürfte das aber nicht stören.

Aufrüstmatrix: 1.920 × 1.080 (Full HD)

Von … \ auf …	Geforce GTX 1080	Geforce GTX 1070	Gef. GTX 980 Ti	Radeon R9 Fury X	Geforce GTX 980	Radeon R9 Nano	Gef. GTX 1060/6G	Radeon R9 390X	Gef. GTX 1060/3G	Rad. RX 480/8G	Radeon R9 390	Geforce GTX 970	Rad. RX 480/4G
Geforce GTX 1080	0,0	-16,3	-21,2	-30,0	-33,5	-36,1	-36,9	-39,9	-41,3	-43,8	-43,8	-44,4	-46,4
Geforce GTX 1070	19,5	0,0	-5,8	-16,4	-20,6	-23,6	-24,6	-28,2	-29,8	-32,9	-32,9	-33,5	-35,9
Geforce GTX 980 Ti	26,9	6,2	0,0	-11,2	-15,6	-18,9	-19,9	-23,7	-25,5	-28,7	-28,7	-29,4	-32,0
Radeon R9 Fury X	42,8	19,5	12,6	0,0	-5,0	-8,7	-9,8	-14,1	-16,1	-19,8	-19,8	-20,5	-23,4
Geforce GTX 980	50,4	25,9	18,5	5,3	0,0	-3,9	-5,1	-9,5	-11,6	-15,5	-15,5	-16,3	-19,3
Radeon R9 Fury	53,6	28,5	21,0	7,5	2,1	-1,8	-3,1	-7,6	-9,8	-13,7	-13,7	-14,5	-17,6
Radeon R9 Nano	56,4	30,9	23,3	9,5	4,0	0,0	-1,2	-5,9	-8,1	-12,1	-12,1	-12,9	-16,1
Gef. GTX 1060/6G	58,4	32,6	24,8	10,9	5,3	1,3	0,0	-4,7	-6,9	-11,0	-11,0	-11,8	-15,0
Radeon R9 390X	66,3	39,2	31,0	16,4	10,6	6,3	5,0	0,0	-2,3	-6,6	-6,6	-7,5	-10,8
Gef. GTX 1060/3G	70,2	42,5	34,1	19,2	13,2	8,8	7,5	2,4	0,0	-4,4	-4,4	-5,3	-8,7
Radeon RX 480/8G	78,0	49,0	40,3	24,6	18,3	13,8	12,4	7,0	4,6	0,0	0,0	-1,0	-4,5
Radeon R9 390	78,1	49,0	40,3	24,7	18,4	13,8	12,4	7,1	4,6	0,0	0,0	-0,9	-4,5
Geforce GTX 970	79,7	50,4	41,6	25,8	19,5	14,9	13,4	8,1	5,6	1,0	0,9	0,0	-3,6
Geforce GTX 780 Ti	80,8	51,3	42,4	26,5	20,2	15,5	14,1	8,7	6,2	1,5	1,5	0,6	-3,1
Radeon R9 290X	84,4	54,3	45,3	29,1	22,6	17,9	16,4	10,9	8,3	3,6	3,6	2,6	-1,1
Radeon RX 480/4G	86,5	56,1	47,0	30,6	24,0	19,2	17,7	12,1	9,5	4,8	4,7	3,8	0,0
Radeon R9 290	96,1	64,1	54,5	37,3	30,3	25,3	23,8	17,9	15,2	10,1	10,1	9,1	5,1
Radeon RX 470/4G	97,8	65,6	55,9	38,5	31,5	26,5	24,9	19,0	16,2	11,1	11,1	10,1	6,1
Geforce GTX 780	107,7	73,9	63,7	45,4	38,1	32,8	31,1	24,9	22,0	16,7	16,7	15,6	11,4
Gef. GTX 770/4G	139,6	100,5	88,8	67,8	59,3	53,2	51,3	44,1	40,8	34,6	34,6	33,3	28,5
Radeon R9 280X	147,3	107,0	94,9	73,1	64,4	58,1	56,1	48,7	45,3	38,9	38,9	37,6	32,6
Gef. GTX 770/2G	154,4	112,9	100,5	78,1	69,2	62,6	60,6	53,0	49,5	42,9	42,9	41,6	36,4
Radeon R9 380X	160,6	118,1	105,3	82,4	73,2	66,6	64,5	56,7	53,1	46,4	46,3	45,0	39,7
Radeon HD 7970	165,6	122,3	109,3	85,9	76,6	69,8	67,6	59,7	56,0	49,2	49,2	47,8	42,4
Radeon R9 380/4G	171,7	127,4	114,1	90,2	80,6	73,7	71,5	63,4	59,6	52,6	52,6	51,2	45,7
Gef. GTX 960/4G	181,6	135,7	121,9	97,1	87,2	80,0	77,8	69,3	65,4	58,2	58,2	56,7	51,0
Radeon R9 380/2G	191,3	143,8	129,6	104,0	93,7	86,2	83,9	75,2	71,1	63,7	63,6	62,1	56,2
Gef. GTX 960/2G	194,8	146,7	132,3	106,3	96,0	88,4	86,1	77,2	73,1	65,6	65,5	64,0	58,1
Geforce GTX 760	218,9	166,9	151,3	123,2	112,0	103,8	101,3	91,7	87,3	79,1	79,1	77,4	71,0
Geforce GTX 950	229,0	175,3	159,2	130,3	118,7	110,3	107,7	97,8	93,2	84,8	84,7	83,0	76,4
Radeon HD 7870	246,7	190,1	173,2	142,7	130,5	121,6	118,8	108,5	103,6	94,7	94,7	92,9	85,9
Radeon R7 370/4G	257,7	199,3	181,8	150,4	137,8	128,6	125,8	115,1	110,1	100,9	100,9	99,0	91,8
Gef. GTX 580/3G	260,9	202,1	184,4	152,7	140,0	130,7	127,8	117,0	112,0	102,8	102,7	100,8	93,5
Radeon RX 460/4G	269,7	209,4	191,3	158,8	145,8	136,3	133,4	122,3	117,2	107,7	107,6	105,7	98,2
Radeon R7 370/2G	272,4	211,7	193,5	160,7	147,6	138,0	135,1	123,9	118,8	109,2	109,2	107,2	99,7
Geforce GTX 580	297,1	232,4	212,9	178,0	164,0	153,8	150,7	138,8	133,3	123,1	123,0	121,0	113,0
Geforce GTX 660	308,2	241,6	221,6	185,7	171,3	160,9	157,6	145,4	139,8	129,3	129,2	127,1	118,9
Radeon HD 6950	416,8	332,6	307,3	261,8	243,6	230,4	226,2	210,8	203,6	190,3	190,2	187,6	177,1
Geforce GTX 570	423,7	338,3	312,7	266,6	248,2	234,8	230,6	214,9	207,7	194,2	194,1	191,4	180,8
Rad. HD 6950/1G	694,0	564,5	525,7	455,9	427,8	407,5	401,2	377,5	366,4	346,0	345,9	341,8	325,8

Basis: PCGH-Einzelindex 1.920 × 1.080 (FHD, normiert) ■ Über 40 Prozent ■ Plus 20–40 Prozent ■ Plus 0–20 Prozent ■ Leistungsverlust

Aufrüstmatrix: 2.560 × 1.440 (WQHD)

Von … \ auf …	Titan X (Pascal)	Geforce GTX 1080	Geforce GTX 1070	Gef. GTX 980 Ti	Radeon R9 Fury X	Radeon R9 Nano	Geforce GTX 980	Radeon R9 390X	Gef. GTX 1060/6G	Radeon R9 390	Gef. GTX 1060/3G	Rad. RX 480/8G	Rad. RX 480/4G
Geforce GTX 1080	22,9	0,0	-18,4	-23,3	-29,2	-35,6	-38,0	-40,4	-41,1	-44,5	-46,1	-46,7	-49,3
Geforce GTX 1070	50,7	22,6	0,0	-6,0	-13,2	-21,0	-24,1	-27,0	-27,8	-32,0	-34,0	-34,7	-37,9
Geforce GTX 980 Ti	60,3	30,4	6,4	0,0	-7,6	-16,0	-19,2	-22,3	-23,1	-27,6	-29,8	-30,5	-33,9
Radeon R9 Fury X	73,6	41,2	15,2	8,3	0,0	-9,0	-12,5	-15,8	-16,8	-21,7	-24,0	-24,8	-28,4
Radeon R9 Nano	90,8	55,2	26,6	19,0	9,9	0,0	-3,8	-7,5	-8,5	-13,9	-16,4	-17,3	-21,3
Geforce GTX 980	98,4	61,4	31,7	23,7	14,3	4,0	0,0	-3,8	-4,9	-10,5	-13,1	-14,0	-18,2
Radeon R9 390X	106,3	67,8	36,9	28,6	18,8	8,1	4,0	0,0	-1,1	-6,9	-9,6	-10,6	-15,0
Radeon R9 390	121,6	80,3	47,1	38,2	27,7	16,1	11,7	7,4	6,2	0,0	-2,9	-4,0	-8,6
Radeon R9 290X	127,5	85,1	51,0	41,9	31,0	19,2	14,7	10,3	9,1	2,7	-0,3	-1,4	-6,2
Geforce GTX 780 Ti	132,6	89,2	54,4	45,1	34,0	21,9	17,2	12,8	11,5	4,9	1,9	0,8	-4,1
Geforce GTX 970	139,9	95,1	59,2	49,6	38,2	25,7	20,9	16,3	15,0	8,2	5,1	4,0	-1,1
Radeon R9 290	143,7	98,2	61,7	52,0	40,4	27,7	22,8	18,1	16,8	10,0	6,7	5,6	0,5
Geforce GTX 780	168,2	118,2	78,0	67,3	54,5	40,6	35,2	30,0	28,6	21,0	17,5	16,2	10,6
Radeon R9 280X	206,2	149,1	103,2	91,0	76,4	60,5	54,3	48,4	46,8	38,2	34,1	32,7	26,2
Gef. GTX 770/2G	244,6	180,3	128,7	114,9	98,5	80,6	73,7	67,1	65,2	55,5	51,0	49,4	42,1

Basis: PCGH-Einzelindex 2.560 × 1.440 (WQHD) ■ Über 40 Prozent ■ Plus 20–40 Prozent ■ Plus 0–20 Prozent ■ Leistungsverlust

LC-POWER™

www.lc-power.com

Destination: Desire

PC-Produkte von LC-Power
verführerisch - elegant - effizient

Find us on Facebook
facebook.com/lcpower.germany

LC-Power-Produkte erhalten Sie im gut sortierten Fachhandel!

CPU-Kaufberatung

Der Zentralprozessor, kurz „die CPU", entscheidet über Wohl und Wehe des gesamten PCs – doch die beste Option hängt von mehr als nur dem Budget ab. PC Games Hardware gibt eine Kaufberatung.

Ohne die CPU geht es in keinem PC und auch für Spiele ist ein gewisses Grundmaß an Leistung essenziell. Doch ob ein mehrere Jahre alter 200-Euro-Rechenknecht oder ein topmodernes High-End-Modell für den doppelten Preis und mehr dafür ausreicht, daran scheiden sich die Geister. Fest steht: Der Fortschritt in dieser Kategorie ist keineswegs zum Erliegen gekommen, auch AMD holt mit Zen zum Gegenschlag aus. Welche Modellreihen für Aufrüster und Neukäufer noch empfehlenswert sind, legen wir Ihnen in diesem Artikel dar. Dabei konzentrieren wir uns auf die Spieleleistung, da hier Echtzeitperformance gefordert ist.

Grundlage CPU

Auch wenn die Grafikkarte in der Praxis des Öfteren den Flaschenhals bildet, so liefert der Prozessor ihr doch die Daten. Damit bestimmt seine Leistung, wie schnell die Grafikkarte maximal arbeiten kann. Hat die Grafikkarte noch Potenzial, können Sie etwa die Auflösung erhöhen, ohne dass die Fps-Rate merklich sinkt. Daher testen wir CPUs in der niedrigen 720p-Auflösung, denn wir wollen nicht, dass deren Leistung über Gebühr von der Grafikkarte gebremst wird – solche Werte in 1080p oder höher wären spätestens jetzt mit Erscheinen der Titan X (Pascal) überholt und unbrauchbar.

Wie viel CPU brauchen Sie?

War in früheren Zeiten jahrelang allein die Frage nach der Anzahl der Megahertz entscheidend, ist die Situation heute ungleich komplexer. So haben AMD und Intel inzwischen vollkommen voneinander unabhängige Architekturen entwickelt, sodass sich reine Taktraten nicht mehr sinnvoll vergleichen lassen. Aktuelle AMD-Prozessoren mit Bulldozer-Architektur sind auf hohe Taktfrequenzen optimiert und laufen in der Regel mit weit über 3, oft sogar über 4 GHz. Intel-CPUs takten niedriger, leisten aber pro Kern und MHz zum Teil deutlich mehr, sodass hier von den technischen Eckdaten her kein direkter Vergleich sinnvoll erscheint. Abhilfe schaffen realitätsnahe Leistungstests, wie wir sie in diesem Artikel anbieten. Übrigens: Mit AMDs Anfang 2017 kommender Zen-Architektur wird sich der Hersteller in Sachen Architektur wieder Intel annähern und auch SMT, also virtuelle Zusatzkerne bieten.

Spiele vs. Anwendungen

Wofür nutzen Sie Ihre CPU primär? Denn davon hängt ab, wann es bei Ihnen auf hohe Leistung ankommt. Während die meisten Spiele in Echtzeit laufen, also eine bestimmte Bildrate benötigen, um sich sinnvoll bedienen zu lassen, sieht das bei Anwendungen meistens anders aus. Scheiden sich in Spielen die Geister, ob es 30 oder 60 und mehr Bilder pro Sekunde sein sollten, für die der Prozessor die Vorarbeit leisten muss, kommt es bei Anwendungen darauf an, ob sie sich noch flüssig bedienen lassen. Etwa die Änderung eines Parameters in der Bildbearbeitung: Wird diese schnell genug umgesetzt, um Vorher-nachher-Vergleiche zu erlauben? Beim Video-Encoding eines Projektes wird die Zeit oft in Minuten oder gar Stunden gemessen – ist es Ihnen wichtig, die Voransicht für das neue Filmprojekt in einer anstelle von zwei Stunden erstellen zu können? Als Faustregel

gilt, dass Anwendungen oft besser parallelisiert sind und daher eher von zusätzlichen Kernen profitieren können. Spiele hingegen sind nach wie vor meist auf eine hohe Leistung pro Kern angewiesen, da ihre Performance oft an „dem entscheidenen" Game-Thread hängt und die restlichen Kerne diesen nur entlasten können. Hinzu kommt, dass Intels Hyperthreading in Spielen sogar etwas bremsen kann.

Intel Core vs. AMD FX

Was wie eine Entweder-oder-Frage aussieht, wird in der Praxis oft entscheidend vom verfügbaren Budget beeinflusst. Bei AMD bekommen Sie derzeit bis gut 150 Euro einfach mehr CPU fürs Geld, etwa in Form des FX-6300 (3 Module/6 Threads, 3,5 GHz Basistakt) oder des FX-8320E (4 Module/8 Threads, 3,2 GHz), welche sich problemlos jeweils um ein paar Hundert Megahertz übertakten lassen. Intel-Modelle dagegen werden erst mit vier Kernen – zum Beispiel der Core i5-6500 oder der -6600K für Übertakter – wirklich interessant, wenn sie einen rundum spieletauglichen PC antreiben sollen. Zwar bieten auch Core-i3-CPUs vier Threads, zwei davon sind aber nur virtuell vorhanden. Sie rechnen daher in der Regel langsamer als echte Vierkerner.

APUs und günstige CPUs

Soll Ihr Spiele-PC mehr als nur Casual-Games befeuern, wird der Trend zur Mehrkern-Optimierung auch mit Direct X 12 immer wichtiger. Zwar bewältigen Prozessoren mit zwei Modulen respektive Kernen (inkl. Hyperthreading) die meisten Spiele noch einigermaßen, sind angesichts immer längerer CPU-Aufrüstzyklen jedoch keine Investition in die Zukunft. Daher empfehlen wir beispielsweise den sehr günstigen FX-4300 auch nicht für einen Neukauf, da seine Leistung für einige Spiele bereits sehr knapp bemessen ist und aufgrund seines ab Werk schon hohen Taktes auch nur geringe prozentuale Zugewinne durch OC zu verzeichnen sind. Nachdem Einkern-CPUs Geschichte sind, ist inzwischen auch Vorsicht vor reinen Zweikern-Prozessoren wie dem Pentium G geboten. Einige Spieletitel wie zum Beispiel Far Cry 4 starten damit nicht mehr.

Nur wenn Sie auch auf längere Sicht lediglich vergleichsweise anspruchslose Spieletitel, wie in PCGH 11+12/2015 getestet, für Ihren PC einplanen oder er sein Dasein als Media-Center-Zuspieler fristen soll, genügt die Grafikleistung integrierter Lösungen. Dann reichen auch APUs wie AMDs A8-7600 oder einige der neueren Intel-Modelle ohne Grafikkarte aus. Ansonsten sparen Sie mit dedizierten APUs jedoch an der falschen Stelle: Ein FX-4300 (oder Athlon II X4 860K) ist günstiger, ein FX-6300 meist deutlich flotter.

Aufrüsten oder neu kaufen?

Je nachdem, ob Sie sich komplett von der Alt-Hardware trennen wollen oder ob möglichst viel davon weitergenutzt werden soll, bieten sich verschiedene Lösungen an. AMDs für Desktop-CPUs aktuelle Plattform AM3+ ist technisch gesehen nur noch leidlich up to date, nimmt aber dafür sämtliche FX-Prozessoren sowie deren Vorgänger der Phenom-II-Reihe auf. Falls Sie bereits so ein Board besitzen, schauen Sie doch auf der Hersteller-Website, mit welchen FX-CPUs es noch kompatibel ist. Bei Intel hingegen erfordert beinahe jede neue CPU-Generation ein neues Mainboard – wobei Kaby Lake noch in Boards der 100-Serie laufen soll. Aufrüster haben es also schwer, sofern sie nicht von einem Haswell-Pentium oder -Core-i3 aus innerhalb derselben CPU-Generation upgraden.

Beim Neukauf für einen Spiele-PC spricht nach wie vor nur ein knappes Budget für eine AMD-CPU. In einigen Anwendungen hingegen kann ein FX-83x0 durchaus mit einem älteren Core-Prozessor wie dem i7-2600K mithalten. Ansonsten sind sie aufgrund des höheren Strombedarfs nur mit höherem Aufwand leise zu kühlen und er-

Plattformen im Vergleich

AMD: Sockel AM3+

Ein AMD-basierter Spiele-PC mit nur zwei Modulen ist nicht zukunftsorientiert und lohnt sich kaum, da maximal ein Sparpotenzial von 45 Euro gegeben ist. Daher raten wir auch nicht zur moderneren AM2+-Plattform, sondern zum bewährten AM3+ mit günstigem 970-Chipsatz, da sich hier auch Drei- und Viermodul-CPUs mit sechs bzw. acht Threads nutzen lassen.

Intel: Sockel 1151

Die modernste Plattform mit nativem M.2-Support und vielen USB-3.1-Angeboten ist der für die Skylake- und ab 2017 Kaby-Lake-CPUs gedachte Sockel 1151. Die Z-Chips bieten (nur) im Zusammenspiel mit CPUs wie den „K"-Skylakes viele OC-Optionen. H170-Boards für Einsteiger-Quadcores gibt's dagegen schon deutlich günstiger. Hier ist jedoch kein umfangreiches Tuning möglich.

Intel: Sockel 2011(-v3)

Die teuerste Plattform mit Mainboard-Kosten ab rund 200 Euro bietet gleichzeitig auch das größte Potenzial für die Zukunft, denn nur für den Sockel 2011 gibt es bei Intel mehr als vier Kerne. Die Einstiegsmodelle der Oberklasse, Core i7-5820K und -6800K kosten im Vergleich zu Vierkern-Spitzenmodellen nicht die Welt, verfügen aber mit sechs Kernen inklusive Hyperthreading über bessere Möglichkeiten für künftige Spiele. Sie sind jedoch keine Stromsparkünstler.

ALPHACOOL
EISBAER
CPU AIO KÜHLER

120

240

280

360

...das noch keiner anderen Kompaktwasserkühlung im PCGH-Test gelungen ist: Selbst montiert auf ein...Referenz-Mainboard bleibt die Pumpenlautheit bei 0,1 Sone!

ALPHACOOL – THE COOLING COMPANY

reichen pro Megahertz deutlich weniger Leistung als die Konkurrenzmodelle von Intel. Ab circa 170 Euro geht der für Spieler interessante Bereich der Intel-Prozessoren los. Hier gibt es Vierkern-Modelle, die dank Turbo zum Teil merklich über 3 GHz takten, sparsam arbeiten – sich also ohne großen Aufwand kühlen lassen – und pro Takt viel Arbeit verrichten.

Benchmarks und Extras

Zugunsten besserer Übersicht haben wir auf eine Benchmarkorgie in diesem Artikel verzichtet. Stattdessen bieten wir Ihnen in Gestalt unseres exklusiv für dieses Sonderheft erweiterten Leistungsindexes von nunmehr 40 CPUs das Destillat aus jeweils acht Spielen und Anwendungen. Wer es ganz genau wissen will: Die gerundeten Einzelergebnisse befinden sich in Zahlenform ebenfalls im Indexkasten auf der rechten Seite. Der Gesamtindex ist mit 60:40 zugunsten der Spiele gewichtet. Wenn Sie sich rein für Spiele- oder Anwendungsleistung interessieren, werfen Sie einen Blick auf die grünen respektive roten Benchmarkbalken.

Im Spielebereich gibt es, wie bereits angesprochen, noch immer viele Titel, die mit zwei Kernen gut und gerne auskommen – ein Vertreter davon ist das immer noch beliebte Starcraft 2. Klar ist jedoch auch: Stark mehrkernoptimierten Titeln gehört die Zukunft und dank Low-Level-APIs, die wie Direct X 12 und Vulkan in der Lage sind, ihre Last besser auf viele Kerne zu verteilen, verstärkt sich dieser Trend sicherlich noch. Ein Vierkerner sollte daher die untere Grenze sein.

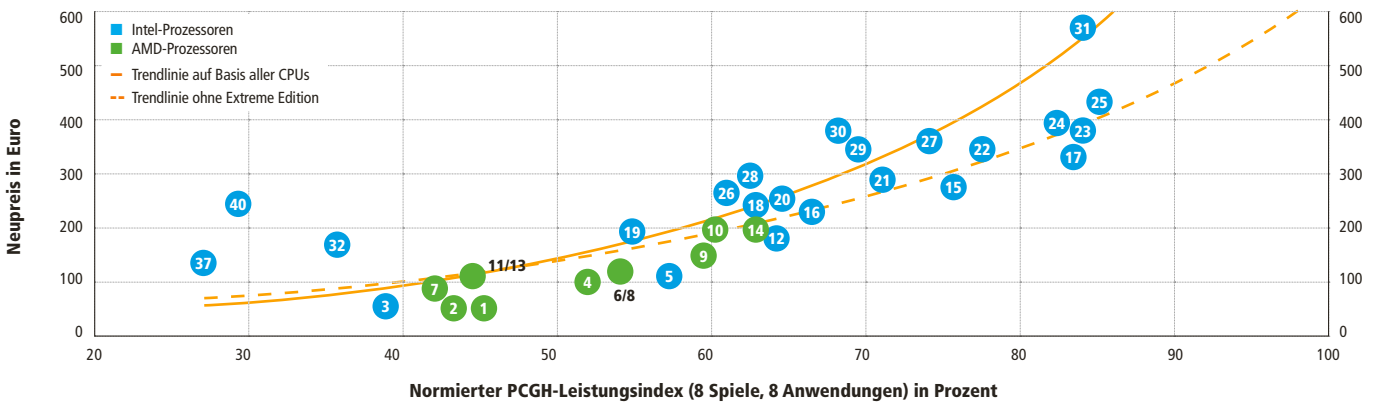
Der Prozessor ist nicht alles

Fakt ist aber auch, dass die CPU-Leistung „nur" die Basis für den individuellen Spielergeschmack liefert. Denn bei fast allen modernen Spielen wird die Leistung in Full-HD-Auflösung oder höher von der Grafikkarte begrenzt – das gilt ganz besonders für Liebhaber optischer Schmankerl wie Kantenglättung oder Downsampling. Selbst im Mehrkern-Paradebeispiel Crysis 3 bremsen 4× Multisample-Kantenglättung und eine Auflösung von 2.560 × 1.440 Pixeln die 1.000-Euro-CPU Core i7-5960X fast auf das Niveau des FX-6300, wie unser Extrakasten unten noch einmal veranschaulicht. Derselbe Trend lässt sich auch in weiteren, hier nicht abgedruckten Testspielen wie Far Cry 4 und Dragon Age Inquisition beobachten.

Das kommt 2017

Im Test bereits kurz angerissen haben wir die neue CPU-Generation, welche Anfang 2017 kommt. Während Intel mit Kaby Lake eine eher behutsame Überarbeitung mit ein paar Extra-MHz bringen wird, steht bei AMD nichts Geringeres als eine Totalrenovierung mit „Zen" (der noch keinen Marketingnamen hat) auf dem Programm. Unser Ersteindruck: sehr vielversprechend! *(cs)*

Preis-Leistungs-Verhältnis von Prozessoren



	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
1	AMD FX-4300	100,0%	100,0%	31,6%	55
2	AMD Athlon X4 845	84,5%	82,0%	28,9%	60
3	Intel Pentium G4400	77,2%	70,3%	23,8%	55
4	AMD FX-6300	70,2%	67,9%	40,0%	100
5	Intel Core i3-6100	69,0%	73,4%	46,5%	115
6	AMD FX-6350	67,7%	64,4%	42,2%	110
7	AMD A8-7600	66,1%	64,2%	28,3%	75
8	AMD FX-8320E	61,3%	56,5%	43,1%	125
9	AMD FX-8350	57,1%	51,6%	49,6%	155
10	AMD FX-8370	51,0%	46,2%	49,9%	175
11	AMD A10-6800K	49,2%	47,5%	30,8%	110
12	Intel Core i5-6500	48,7%	47,7%	54,3%	195
13	AMD A10-7870K	47,1%	46,0%	30,9%	115
14	AMD FX-9590	46,1%	41,5%	54,1%	210
15	Intel Xeon E3-1230 v5	45,4%	43,3%	69,6%	270
16	Intel Core i5-6600K	43,1%	42,0%	57,8%	235
17	Intel Core i7-6700K	41,6%	40,2%	79,3%	335
18	Intel Core i5-4670K	41,2%	40,8%	54,4%	230
19	Intel Core i5-2500K	40,1%	40,0%	43,8%	190
20	Intel Core i5-4690K	39,6%	39,1%	55,6%	245

	Prozessor	Gesamt-Index Preis/Leistung	Spiele-Index Preis/Leistung	Leistungs-index	Circa-Preis in Euro
21	Intel Core i5-5675C	38,4%	40,5%	63,9%	285
22	Intel Core i7-4790K	36,3%	34,3%	72,0%	350
23	Intel Core i7-5775C	36,1%	37,0%	79,4%	380
24	Intel Core i7-5820K	35,7%	32,4%	78,1%	390
25	Intel Core i7-6800K	34,0%	30,5%	81,6%	430
26	Intel Core i5-3570K	33,6%	33,9%	51,4%	265
27	Intel Core i7-4770K	33,1%	31,4%	67,6%	360
28	Intel Core i7-2600K	32,2%	31,1%	53,2%	290
29	Intel Core i7-4820K	31,8%	31,5%	61,9%	340
30	Intel Core i7-3770K	28,6%	27,9%	60,5%	370
31	Intel Core i7-5930K	25,1%	22,8%	80,2%	570
32	Core 2 Quad Q6600	20,7%	18,6%	19,7%	170
33	Intel Core i7-6900K	16,3%	13,4%	94,4%	1.060
34	Intel Core i7-5960X	15,0%	12,5%	85,5%	1.040
35	Intel Core i7-3960X	12,9%	11,7%	72,2%	1.000
36	Intel Core i7-4960X	12,8%	11,5%	74,9%	1.050
37	Core 2 Duo E6600	12,8%	10,4%	9,0%	130
38	Intel Core i7-990X	11,4%	10,0%	59,6%	940
39	Intel Core i7-6950X	11,2%	8,9%	100,0%	1.650
40	Core 2 Duo E8500	9,9%	7,9%	11,8%	240

Basis: PCGH-Leistungsindex in Relation zum bei Redaktionsschluss aktuellen Marktpreis. Trendlinie durchgezogen = Prozessoren im Diagramm, Trendlinie gestrichelt = alle Prozessoren aus der unten stehenden Tabelle

PCGH-Index: Top 40 CPUs

BESSER ▶ | **Normierte Leistung**

■ Gesamtindex ■ Spieleindex ■ Anwendungsindex

Intel Core i7-6950X	3,0 GHz – 10c/20t – PLV 11,2 %	Preis: Ca. 1.650 Euro	100 %	100 %	A22: 37 C3: 193 F1: 130 SC2: 40 ACS: 137 DAI: 138 FC4: 90 TW3: 135	100 %	FCB: 24097 7z: 120 BLD: 117 x264: 61 3DMP: 21430 LR5: 90 CB15: 1805 yCr: 70
Intel Core i7-6900K	3,2 GHz – 8c/16t – PLV 16,3 %	Preis: Ca. 1.060 Euro	94,4%	96,8%	A22: 36 C3: 177 F1: 124 SC2: 38 ACS: 136 DAI: 136 FC4: 89 TW3: 135	90,7%	FCB: 24761 7z: 126 BLD: 143 x264: 72 3DMP: 19232 LR5: 93 CB15: 1483 yCr: 75
Intel Core i7-5960X	3,0 GHz – 8c/16t – PLV 15 %	Preis: Ca. 1.040 Euro	85,5%	88,4%	A22: 29 C3: 164 F1: 115 SC2: 31 ACS: 127 DAI: 130 FC4: 84 TW3: 124	81,2%	FCB: 23164 7z: 135 BLD: 161 x264: 81 3DMP: 16203 LR5: 108 CB15: 1329 yCr: 81
Intel Core i7-6800K	3,4 GHz – 6c/12t – PLV 34 %	Preis: Ca. 430 Euro	81,6%	89,3%	A22: 34 C3: 154 F1: 104 SC2: 34 ACS: 130 DAI: 131 FC4: 93 TW3: 118	70,2%	FCB: 19695 7z: 170 BLD: 186 x264: 97 3DMP: 15644 LR5: 111 CB15: 1114 yCr: 108
Intel Core i7-5930K	3,5 GHz – 6c/12t – PLV 25,1 %	Preis: Ca. 570 Euro	80,2%	88,4%	A22: 33 C3: 154 F1: 105 SC2: 32 ACS: 127 DAI: 130 FC4: 94 TW3: 119	67,9%	FCB: 19845 7z: 165 BLD: 198 x264: 102 3DMP: 13942 LR5: 116 CB15: 1086 yCr: 107
Intel Core i7-5775C	3,3 GHz – 4c/8t – PLV 36,1 %	Preis: Ca. 380 Euro	79,4%	95,9%	A22: 40 C3: 129 F1: 95 SC2: 47 ACS: 127 DAI: 139 FC4: 128 TW3: 131	54,7%	FCB: 14590 7z: 195 BLD: 257 x264: 125 3DMP: 12278 LR5: 133 CB15: 787 yCr: 139
Intel Core i7-6700K	4,0 GHz – 4c/8t – PLV 41,6 %	Preis: Ca. 335 Euro	79,3%	91,8%	A22: 37 C3: 137 F1: 80 SC2: 55 ACS: 120 DAI: 133 FC4: 124 TW3: 119	60,7%	FCB: 16191 7z: 195 BLD: 222 x264: 102 3DMP: 13028 LR5: 127 CB15: 890 yCr: 106
Intel Core i7-5820K	3,3 GHz – 6c/12t – PLV 35,7 %	Preis: Ca. 390 Euro	78,1%	86,2%	A22: 32 C3: 149 F1: 102 SC2: 32 ACS: 122 DAI: 129 FC4: 92 TW3: 115	65,8%	FCB: 18880 7z: 168 BLD: 203 x264: 104 3DMP: 13589 LR5: 119 CB15: 1022 yCr: 110
Intel Core i7-4960X	3,6 GHz – 6c/12t – PLV 12,8 %	Preis: Ca. 1.050 Euro	74,9%	82,0%	A22: 31 C3: 137 F1: 102 SC2: 25 ACS: 120 DAI: 122 FC4: 84 TW3: 114	64,3%	FCB: 19953 7z: 159 BLD: 219 x264: 112 3DMP: 13914 LR5: 114 CB15: 1000 yCr: 207
Intel Core i7-3960X	3,3 GHz – 6c/12t – PLV 12,9 %	Preis: Ca. 1.000 Euro	72,2%	79,8%	A22: 30 C3: 131 F1: 95 SC2: 25 ACS: 118 DAI: 118 FC4: 83 TW3: 112	60,8%	FCB: 19757 7z: 163 BLD: 235 x264: 123 3DMP: 13357 LR5: 129 CB15: 955 yCr: 215
Intel Core i7-4790K	4,0 GHz – 4c/8t – PLV 36,3 %	Preis: Ca. 350 Euro	72,0%	81,9%	A22: 34 C3: 129 F1: 71 SC2: 44 ACS: 110 DAI: 113 FC4: 113 TW3: 105	57,1%	FCB: 16360 7z: 197 BLD: 231 x264: 122 3DMP: 11924 LR5: 132 CB15: 857 yCr: 128
Intel Xeon E3-1230 v5	3,4 GHz – 4c/8t – PLV 45,4 %	Preis: Ca. 270 Euro	69,6%	79,7%	A22: 31 C3: 118 F1: 75 SC2: 39 ACS: 109 DAI: 115 FC4: 112 TW3: 105	54,4%	FCB: 14518 7z: 221 BLD: 248 x264: 114 3DMP: 11618 LR5: 140 CB15: 799 yCr: 117
Intel Core i7-4770K	3,5 GHz – 4c/8t – PLV 33,1 %	Preis: Ca. 360 Euro	67,6%	77,2%	A22: 30 C3: 119 F1: 69 SC2: 41 ACS: 105 DAI: 107 FC4: 108 TW3: 101	53,3%	FCB: 15223 7z: 211 BLD: 247 x264: 129 3DMP: 11083 LR5: 142 CB15: 797 yCr: 134
Intel Core i5-5675C	3,1 GHz – 4c/4t – PLV 38,4 %	Preis: Ca. 285 Euro	63,9%	78,8%	A22: 39 C3: 95 F1: 65 SC2: 44 ACS: 99 DAI: 108 FC4: 125 TW3: 92	41,7%	FCB: 11377 7z: 279 BLD: 387 x264: 160 3DMP: 8339 LR5: 140 CB15: 567 yCr: 176
Intel Core i7-4820K	3,7 GHz – 4c/8t – PLV 31,8 %	Preis: Ca. 340 Euro	61,9%	73,0%	A22: 30 C3: 102 F1: 78 SC2: 25 ACS: 105 DAI: 109 FC4: 92 TW3: 100	45,4%	FCB: 13903 7z: 227 BLD: 318 x264: 167 3DMP: 9892 LR5: 147 CB15: 664 yCr: 282
Intel Core i7-3770K	3,5 GHz – 4c/8t – PLV 28,6 %	Preis: Ca. 370 Euro	60,5%	70,4%	A22: 29 C3: 102 F1: 69 SC2: 27 ACS: 100 DAI: 103 FC4: 92 TW3: 95	45,5%	FCB: 13908 7z: 217 BLD: 316 x264: 163 3DMP: 9926 LR5: 154 CB15: 679 yCr: 292
Intel Core i7-990X	3,46 GHz – 6c/12t – PLV 11,4 %	Preis: Ca. 940 Euro	59,6%	64,3%	A22: 28 C3: 119 F1: 64 SC2: 17 ACS: 95 DAI: 92 FC4: 72 TW3: 82	52,5%	FCB: 18987 7z: 232 BLD: 243 x264: 139 3DMP: 12349 LR5: 157 CB15: 822 yCr: 322
Intel Core i5-6600K	3,5 GHz – 4c/4t – PLV 43,1 %	Preis: Ca. 235 Euro	57,8%	67,3%	A22: 25 C3: 89 F1: 59 SC2: 40 ACS: 89 DAI: 97 FC4: 106 TW3: 84	43,7%	FCB: 11479 7z: 281 BLD: 360 x264: 139 3DMP: 8106 LR5: 139 CB15: 611 yCr: 142
Intel Core i5-4690K	3,5 GHz – 4c/4t – PLV 39,6 %	Preis: Ca. 245 Euro	55,6%	65,4%	A22: 31 C3: 90 F1: 54 SC2: 36 ACS: 85 DAI: 85 FC4: 98 TW3: 80	41,0%	FCB: 12033 7z: 288 BLD: 368 x264: 163 3DMP: 7482 LR5: 150 CB15: 565 yCr: 168
Intel Core i5-4670K	3,4 GHz – 4c/4t – PLV 41,2 %	Preis: Ca. 230 Euro	54,4%	64,0%	A22: 31 C3: 89 F1: 53 SC2: 33 ACS: 84 DAI: 83 FC4: 96 TW3: 80	39,9%	FCB: 11739 7z: 300 BLD: 382 x264: 166 3DMP: 7280 LR5: 153 CB15: 551 yCr: 173
Intel Core i5-6500	3,2 GHz – 4c/4t – PLV 48,7 %	Preis: Ca. 195 Euro	54,3%	63,4%	A22: 24 C3: 83 F1: 55 SC2: 34 ACS: 87 DAI: 95 FC4: 99 TW3: 79	40,6%	FCB: 10566 7z: 293 BLD: 391 x264: 151 3DMP: 7433 LR5: 149 CB15: 560 yCr: 153
AMD FX-9590	4,7 GHz – 4m/8t – PLV 46,1 %	Preis: Ca. 210 Euro	54,1%	59,4%	A22: 25 C3: 96 F1: 61 SC2: 20 ACS: 81 DAI: 81 FC4: 79 TW3: 81	46,2%	FCB: 15018 7z: 208 BLD: 415 x264: 138 3DMP: 8407 LR5: 146 CB15: 727 yCr: 256
Intel Core i7-2600K	3,4 GHz – 4c/8t – PLV 32,2 %	Preis: Ca. 290 Euro	53,2%	61,5%	A22: 27 C3: 92 F1: 55 SC2: 22 ACS: 85 DAI: 89 FC4: 83 TW3: 84	40,8%	FCB: 13134 7z: 253 BLD: 351 x264: 190 3DMP: 8971 LR5: 175 CB15: 619 yCr: 317
Intel Core i5-3570K	3,5 GHz – 4c/4t – PLV 33,6 %	Preis: Ca. 265 Euro	51,4%	61,3%	A22: 28 C3: 80 F1: 52 SC2: 26 ACS: 82 DAI: 86 FC4: 97 TW3: 76	36,4%	FCB: 10891 7z: 285 BLD: 431 x264: 199 3DMP: 6953 LR5: 159 CB15: 524 yCr: 348
AMD FX-8370	4,0 GHz – 4m/8t – PLV 51 %	Preis: Ca. 175 Euro	49,9%	55,1%	A22: 23 C3: 88 F1: 57 SC2: 14 ACS: 77 DAI: 76 FC4: 75 TW3: 77	42,2%	FCB: 13123 7z: 219 BLD: 465 x264: 154 3DMP: 7842 LR5: 157 CB15: 649 yCr: 269
AMD FX-8350	4,0 GHz – 4m/8t – PLV 57,1 %	Preis: Ca. 155 Euro	49,6%	54,6%	A22: 22 C3: 88 F1: 57 SC2: 14 ACS: 76 DAI: 76 FC4: 74 TW3: 76	42,0%	FCB: 13024 7z: 220 BLD: 466 x264: 154 3DMP: 7844 LR5: 158 CB15: 641 yCr: 270
Intel Core i3-6100	3,7 GHz – 2c/4t – PLV 69 %	Preis: Ca. 115 Euro	46,5%	57,6%	A22: 23 C3: 70 F1: 50 SC2: 40 ACS: 71 DAI: 81 FC4: 93 TW3: 68	29,8%	FCB: 7705 7z: 384 BLD: 473 x264: 216 3DMP: 6425 LR5: 230 CB15: 405 yCr: 221
Intel Core i5-2500K	3,3 GHz – 4c/4t – PLV 40,1 %	Preis: Ca. 190 Euro	43,8%	51,9%	A22: 25 C3: 71 F1: 42 SC2: 20 ACS: 70 DAI: 73 FC4: 81 TW3: 63	31,6%	FCB: 10131 7z: 351 BLD: 493 x264: 237 3DMP: 6192 LR5: 186 CB15: 462 yCr: 393
AMD FX-8320E	3,2 GHz – 4m/8t – PLV 61,3 %	Preis: Ca. 125 Euro	43,1%	48,2%	A22: 20 C3: 72 F1: 52 SC2: 11 ACS: 69 DAI: 65 FC4: 64 TW3: 69	35,6%	FCB: 10716 7z: 238 BLD: 579 x264: 188 3DMP: 6411 LR5: 179 CB15: 517 yCr: 337
AMD FX-6350	3,9 GHz – 3m/6t – PLV 67,7 %	Preis: Ca. 110 Euro	42,2%	48,3%	A22: 22 C3: 71 F1: 44 SC2: 13 ACS: 68 DAI: 67 FC4: 74 TW3: 62	33,1%	FCB: 10164 7z: 268 BLD: 630 x264: 209 3DMP: 6238 LR5: 184 CB15: 469 yCr: 356
AMD FX-6300	3,5 GHz – 3m/6t – PLV 70,2 %	Preis: Ca. 100 Euro	40,0%	46,3%	A22: 21 C3: 65 F1: 43 SC2: 11 ACS: 64 DAI: 64 FC4: 74 TW3: 61	30,5%	FCB: 9184 7z: 280 BLD: 696 x264: 227 3DMP: 5670 LR5: 196 CB15: 422 yCr: 410
AMD FX-4300	3,8 GHz – 2m/4t – PLV 100 %	Preis: Ca. 55 Euro	31,6%	37,5%	A22: 19 C3: 47 F1: 32 SC2: 12 ACS: 54 DAI: 45 FC4: 65 TW3: 46	22,8%	FCB: 6872 7z: 397 BLD: 951 x264: 313 3DMP: 4324 LR5: 241 CB15: 304 yCr: 567
AMD A10-7870K	3,9 GHz – 2m/4t – PLV 47,1 %	Preis: Ca. 115 Euro	30,9%	36,1%	A22: 17 C3: 48 F1: 32 SC2: 12 ACS: 48 DAI: 49 FC4: 61 TW3: 43	23,2%	FCB: 7790 7z: 471 BLD: 825 x264: 274 3DMP: 4516 LR5: 258 CB15: 319 yCr: 531
AMD A10-6800K	4,1 GHz – 2m/4t – PLV 49,2 %	Preis: Ca. 110 Euro	30,8%	35,6%	A22: 17 C3: 47 F1: 31 SC2: 12 ACS: 48 DAI: 45 FC4: 62 TW3: 44	23,6%	FCB: 7446 7z: 426 BLD: 875 x264: 288 3DMP: 4716 LR5: 244 CB15: 326 yCr: 519
AMD Athlon X4 845	3,5 GHz – 2m/4t – PLV 84,5 %	Preis: Ca. 60 Euro	28,9%	33,5%	A22: 16 C3: 48 F1: 33 SC2: 11 ACS: 41 DAI: 49 FC4: 47 TW3: 42	22,0%	FCB: 6845 7z: 534 BLD: 1040 x264: 268 3DMP: 4743 LR5: 268 CB15: 321 yCr: 530
AMD A8-7600	3,1 GHz – 2m/4t – PLV 66,1 %	Preis: Ca. 75 Euro	28,3%	32,9%	A22: 16 C3: 43 F1: 28 SC2: 11 ACS: 44 DAI: 45 FC4: 55 TW3: 39	21,4%	FCB: 7217 7z: 497 BLD: 909 x264: 303 3DMP: 4257 LR5: 284 CB15: 293 yCr: 586
Intel Pentium G4400	3,3 GHz – 2c/2t – PLV 77,2 %	Preis: Ca. 55 Euro	23,8%	26,4%	A22: 20 C3: 44 F1: 27 SC2: 29 ACS: 50 DAI: 0 FC4: 0 TW3: 38	20,0%	FCB: 5276 7z: 643 BLD: 785 x264: 313 3DMP: 3837 LR5: 243 CB15: 276 yCr: 778
Core 2 Quad Q6600	2,4 GHz – 4c/4t – PLV 20,7 %	Preis: Ca. 170 Euro	19,7%	21,6%	A22: 13 C3: 30 F1: 15 SC2: 7 ACS: 29 DAI: 26 FC4: 35 TW3: 25	16,8%	FCB: 6623 7z: 761 BLD: 919 x264: 513 3DMP: 3648 LR5: 366 CB15: 235 yCr: 877
Pentium EE 965	3,46 GHz – 2c/4t – PLV 1,6 %	Preis: Ca. 1.050 Euro	9,6%	11,0	A22: 7 C3: 13 F1: 5 SC2: 4 ACS: 19 DAI: 9 FC4: 18 TW3: 14	7,6	FCB: 2446 7z: 1151 BLD: 2697 x264: 1290 3DMP: 1571 LR5: 763 CB15: 112 yCr: 1804
Core 2 Duo E6600	2,4 GHz – 2c/4t – PLV 12,8 %	Preis: Ca. 130 Euro	9,0%	9,2	A22: 9 C3: 14 F1: 9 SC2: 6 ACS: 18 DAI: 0 FC4: 0 TW3: 13	8,8	FCB: 3387 7z: 1493 BLD: 1906 x264: 976 3DMP: 1648 LR5: 593 CB15: 119 yCr: 1540

Spiele (links): Anno 2205, Assassin's Creed Syndicate, Crysis 3, Dragon Age: Inquisition, F1 2015, Far Cry 4, Starcraft 2 LotV, Witcher 3: gerundete Durchschnitts-Fps in 1.280 × 720 (max. Details außer Post-Processing, Ambient Occlusion, AA und AF), mehr ist besser. **Anwendungen** (rechts): Fritz Chessbench, 3D Mark Firestrike Physics, Cinebench R15: Punkte (mehr ist besser), 7-Zip 15.21, Lightroom 5.7.1, Blender 2.76, x264, y-Cruncher: Sekunden (weniger ist besser)
System: 8 GiByte je Speicherkanal, Turbo und Energiesparfeatures an; Windows 10 64 Bit, Grafikkarte: Geforce GTX 980 Ti @ 1.380/3.900 MHz

RAM: Darauf kommt es an

Arbeitsspeicher ist eine sehr wichtige PC-Komponente: Ist er schlecht gewählt, treten Leistungseinbrüche oder gar Abstürze auf.

Arbeitsspeicher ist das Bindeglied zwischen dem Hauptprozessor mit ein paar Megabyte blitzschnellem Zwischenspeicher und der Festplatte beziehungsweise SSD mit Hunderten oder Tausenden Gigabyte, aber geringer Geschwindigkeit: Zur Ausführung eines Programms benötigte Daten werden hier vorrätig gehalten, um bei Bedarf flott ausgelesen oder verändert werden zu können. Die Bezeichnung RAM (Random-Access Memory) weist darauf hin, dass mit nahezu gleicher Geschwindigkeit auf den gesamten Arbeitsspeicher zugegriffen werden kann.

Die DDR3-Ära endet

DDR4-RAM ist die aktuelle Ausbaustufe der DDR-SDRAM-Technologie und seit Herbst 2014 erhältlich. Der Nachfolger zeichnet sich durch höhere Taktfrequenzen und Kapazitäten und eine niedrigere Standardspannung aus. Welcher Speichertyp beim Neukauf der richtige ist, hängt von der Plattform ab:

- Auf Mainboards mit dem Sockel 2011-v3, lässt sich nur DDR4-RAM installieren. Die Standardspannung ist 1,20 Volt, Übertakter-Kits sind für 1,35 Volt ausgelegt. AMD unterstützt mit dem kommenden Sockel AM4 erstmals DDR4-RAM.
- Die meisten Sockel-1151-Hauptplatinen sind für DDR4-RAM ausgelegt. Skylake-Prozessoren arbeiten aber auch mit DDR3L-Arbeitsspeicher, also DDR3-Modulen mit niedrigerer Standardspannung (1,35 Volt), zusammen.
- Alle Plattformen für AMD-Prozessoren (Sockel AM3(+), FM2(+), AM1, etc.) und die restlichen Intel-Prozessoren, z. B. für den Sockel 1150, lassen sich nur mit DDR3-Speicher betreiben. Standard sind 1,50 Volt, für Übertakter-Module sind 1,65 Volt üblich.

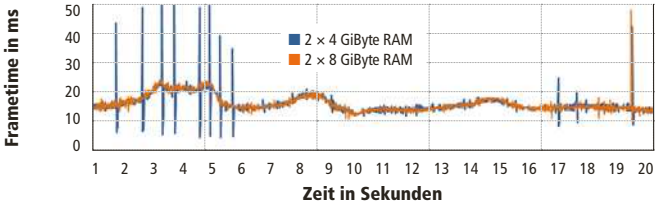
Dual und Quad Channel

Alle aktuellen Plattformen mit Ausnahme der Tiefpreislösung Sockel AM1 können mindestens zwei Speicherkanäle bündeln, um eine höhere Leistung zu erzielen. Auf diesen Vorteil sollte kein PC-Spieler verzichten. Die einfachste Möglichkeit besteht darin, zwei RAM-Module mit der identischen Speicherkapazität in die richtigen Slots zu stecken. Bei einer Hauptplatine mit vier Steckplätzen sind das der am weitesten vom Prozessor entfernte sowie der ihm zweitnächste Steckplatz. Üblicherweise gehören die beiden inneren Slots zu einem Kanal, die beiden äußeren Einbaumöglichkeiten zum anderen Kanal; am besten werfen Sie aber einen Blick ins Handbuch.

Eine weit verbreitete Fehlannahme ist, dass Dual Channel nur mit zwei oder vier Modulen funktioniert. Denn auch mit drei Riegeln kann ein optimales Ergebnis erzielt werden. Es stimmt weiterhin nicht, dass alle Riegel vom gleichen Hersteller stammen oder die gleiche Kapazität haben müssen. Bei der Verwendung von drei Sticks und Modulen mit unterschiedlicher Kapazität sind aber zusätzliche Aspekte zu beachten: Die Kanalbündelung ist eine Eigenschaft des RAM-Controllers, nicht der

Fallout 4: Frametimes mit 8 und 16 GiByte RAM

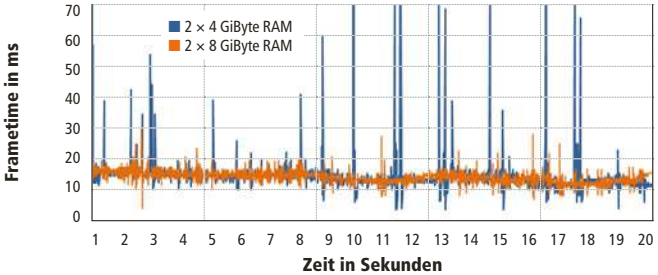
„The Dark Road", 2.560 × 1.440, Ultra-Preset



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Sapphire R9 Fury Tri-X OC, Z170, DDR4-2400 (15-15-15-36, 1T), Win 10 x64 **Bemerkungen:** Mit 8 GiByte Speicher stockt Fallout 4 zu Beginn der Messung stärker, die meisten Ausreißer verschwinden mit 16 GiB. Für Mods ist ein zusätzliches Speicherpolster ratsam.

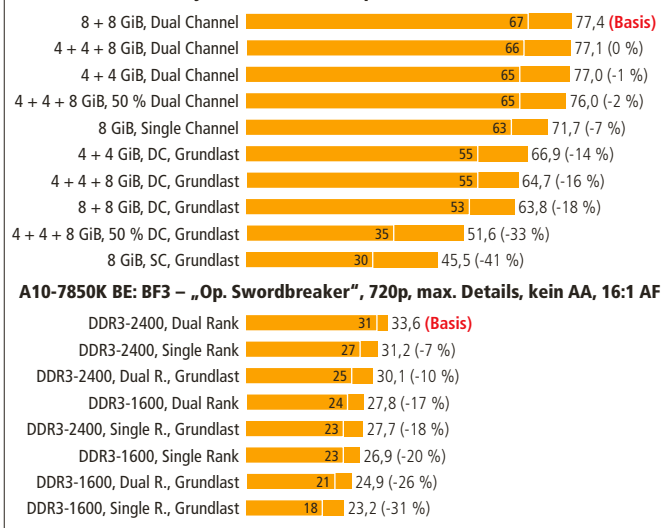
CoD Black Ops 3: Frametimes mit 8/16 GiB RAM

2.560 × 1.440, Texturen & Schatten hoch, Rest max., Filmic SMAA 2Tx



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, Sapphire R9 Fury Tri-X OC, DDR4-2400 (15-15-15-36, 1T), Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Für Black Ops 3 sind 16 GiByte mehr als nur empfehlenswert, ansonsten stockt das Spiel mit hohen Details mitunter häufig und stark.

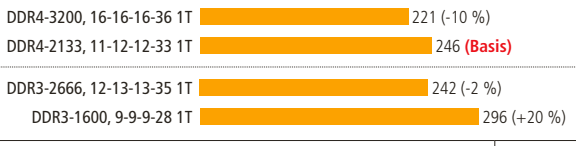
RAM-Effekt: Kanäle, Takt und Ranks



System 1: Core i7-4770K @ 4,2 GHz, Geforce GTX 780; Win 7 64 Bit SP1, Geforce 326.80
System 2: A10-7850K BE, 2 x 4 GiByte DDR3; Win 7 64 Bit SP1, Catalyst 14.1
Bemerkungen: Bei Grundlast sorgt HCI Memtest für zusätzliche RAM-Zugriffe.

Min. Ø Fps
▶ Besser

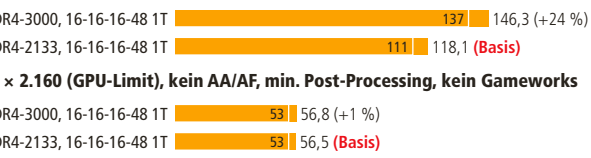
7-Zip: Ca. 3 GB komprimieren und verschlüsseln



System: Asus Maximus VIII Ranger/Biostar Z170T Gaming, 2 × 8 GiByte RAM, MSI GTX 980 Ti Lightning; Win 8.1 64 Bit, Geforce 358.50 **Bemerkungen:** In einigen Anwendungen hat der Speicher einen sehr großen Einfluss auf die Ausführungsgeschwindigkeit.

Sekunden
◀ Besser

GPU-Limit begrenzt RAM-Effekt in Spielen



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (Kerne/Cache), Asus Maximus VIII Ranger, 4 × 4 GiByte RAM, MSI GTX 980 Ti Lightning; Win 10 64 Bit, Geforce 359.06 WQHL (HQ)
Bemerkungen: Wenn der Grafikchip bremst, bringt ein hoher RAM-Takt keinen Vorteil.

Min. Ø Fps
▶ Besser

Speichermodule selbst. Bei einem Neukauf ist es zwar sinnvoll, zu einem Kit mit identischen Riegeln zu greifen, ob der Mehrkanalbetrieb gelingt, hängt aber grundsätzlich vom RAM-Controller ab.

Dual Channel und auch Triple/Quad Channel funktionieren optimal, wenn die Speicherkapazität in jedem Kanal identisch ist. Die Anzahl der Module ist nicht relevant. Einem 8-GiByte-Riegel in Kanal A kann also entweder ein 8-GiByte-Modul oder ein aus 4-GiByte-Sticks bestehendes Duo in Kanal B zur Seite gestellt werden – die Leistung ist in der Praxis gleich hoch. Ist es nicht möglich, beide Kanäle mit der gleichen Speicherkapazität auszustatten, sollte man versuchen, die Speichermenge anzugleichen. Quad Channel für die High-End-Sockel 2011 und 2011-v3 funktioniert nach dem gleichen Prinzip. Mit Crysis 3 zeigen wir oben exemplarisch den enormen Vorteil von Dual gegenüber Single Channel auf, wenn mehrere Anwendungen gleichzeitig auf den Arbeitsspeicher zugreifen.

Speichermenge

Das wichtigste Kriterium beim Arbeitsspeicher ist die Gesamtkapazität: Steckt in einem PC zu wenig RAM, dann müssen Daten auf die SSD oder Festplatte ausgelagert werden; es folgen heftige Nachladeruckler oder gar Abstürze. Für einfache Büro- und HTPCs reichen 4 GiByte RAM aus. Das gilt erst recht für Retro-Gaming, zumal 32-Bit-Betriebssysteme ohnehin nicht mehr Arbeitsspeicher verwalten können. Bei den aktuellen Preisen lässt sich aber nur wenig Geld sparen, wenn man sich mit 4 GiByte begnügt: Einfache DDR3-Kits mit 2 × 2 GiByte kosten rund 25 Euro, Einzelmodule mit 4 GiByte gibt es für 20 Euro; Dual Channel fällt mit einem Riegel allerdings flach. Bereits für 40 Euro erhalten Sie 2 × 4 GiByte DDR3-1600-RAM (siehe Empfehlungen auf der nächsten Seite). 2 × 4 GiByte DDR4-RAM kosten 35 Euro. Diese Speichermenge ist für Multimedia-Software als auch aktuelle Spiele meistens ausreichend.Immer öfter bringt mehr Speicher aber handfeste Vorteile: Mit nur 8 GiByte kommt es sporadisch zu Hängern – siehe Diagramm auf der linken Seite. Anspruchsvollen PC-Spielern und Multitasking-Fans raten wir daher zu 16 GiByte. Kits mit dieser Kapazität kosten erwartungsgemäß etwa doppelt so viel wie ihre 8-GiByte-Pendants. Mehr als 16 GiByte stellen eine Investition in die Zukunft dar, so viel Speicher benötigen Spiele nicht. Wer viel Multitasking betreibt oder mit einer RAM-Disk liebäugelt, kann aber auch zu 32 GiByte (oder gar mehr) greifen. Die in den Core-i7-Prozessoren für den Sockel 2011(-v3) verbauten Speichercontroller können je nach Modell 64 bis 128 GiByte RAM in acht Steckplätzen verwalten.

RAM selten Flaschenhals

Schneller Arbeitsspeicher sorgt in bestimmten Anwendungen für deutlich ausgeprägte Leistungszuwächse. 7-Zip (siehen oben) gehört zu diesen Programmen, Spiele eher nicht: Da Zocker statt Pixelbrei eine möglichst hohe Auflösung und viele Grafikdetails bevorzugen, limitiert in der Praxis meist die Grafikkarte die Framerate und die Mehrleistung von hochtaktendem RAM verpufft größtenteils. Es gilt allerdings: Je schneller der Prozessor (egal ob übertaktet oder ein High-End-Modell) und je leistungsfähiger die Grafikkarte oder gar der Crossfire-/SLI-Verbund, desto eher ist auch flotter Arbeitsspeicher wichtig für die Systemleistung. Einen sehr starken Einfluss auf die Spieleleistung hat RAM allerdings bei APUs, da deren integrierte Grafikeinheit intensiven Gebrauch vom verbauten Arbeitsspeicher macht. Hier sollte nach Möglichkeit der von AMD freigegebene RAM-Takt nicht unterschritten werden. Einen Einfluss hat neben Timings (niedriger ist schneller) und Takt die Anzahl der Ranks, also der interne Aufbau: Module mit zwei Ranks sind etwas flotter, da sie der RAM-Controller intensiver nutzen kann. DDR3-Module mit 8 GiByte sind stets dual-ranked, DDR4-Sticks mit 4 GiByte single-ranked. Tipp zur Identifikation: Bei Dual-Rank-RAM sitzen üblicherweise Chips auf beiden Seiten der Platine. *(sw)*

DDR4-RAM für Office/HTPC & Co.

Wer sich mit 8 GiByte begnügen kann, findet natürlich auch beim DDR3-Nachfolger geeignete Produkte.

4 GiByte Kapazität pro Modul stellt die Untergrenze für DDR4-Module dar. Beim Crucial-Kit BLS2C4G4D240FSE erhalten Sie zwei Riegel aus der Ballistix-Sport-LT-Serie, die z. B. für einen Office- oder Wohnzimmer-PC auf Skylake-Basis geeignet sind. Die für DDR4-2400, CL16 und 1,20 Volt freigegebenen Sticks gibt es alternativ auch in Weiß unter der Produktnummer BLS2C4G4D240FSC (www.pcgh.de/preis/1320338).
Preis pro GiByte: ca. 4,38 Euro

www.pcgh.de/preis/1425945

ab ca. € 35,-

DDR4-RAM für Sparfüchse

2 × 8 GiByte zum niedrigen Preis – perfekt für Spieler, die günstig auf ein Sockel-1151-System umsteigen möchten.

Crucials Pärchen BLS2C8G4D240FSC ist für DDR4-2400 und CL16 bei 1,20 Volt freigegeben. Auch dieses Ballistix-Sport-LT-Kit gibt es auf Wunsch in einer anderen Farbe, nämlich unter der Produktnummer BLS2C8G4D240FSE in Rot. Die technischen Eckdaten sind wie das Preisniveau identisch (www.pcgh.de/preis/1425948). Die Speichermenge reicht für aktuelle PC-Spiele, das Preis-Leistungs-Verhältnis ist hervorragend.
Preis pro GiByte: ca. 4,06 Euro

www.pcgh.de/preis/1320337

ab ca. € 65,-

DDR4-RAM für Übertakter

Wie die Benchmarks auf der vorherigen Seite zeigen, vermag ein hoher RAM-Takt bisweilen die Systemleistung deutlich zu erhöhen.

Das Plus hängt stark von der Anwendung und der PC-Konfiguration ab. Die Intel-Vorgabe liegt zwar bei DDR4-2133 (Haswell-E/Skylake) bzw. DDR4-2400 (Broadwell-E), doch DDR4-3000 lässt sich im Normalfall einfach erreichen. Das Corsair-Kit CMK16GX4M2B3000C15 mit 2 × 8 GiByte ist für DDR4-3000 und die Timings 15-17-17-35 bei 1,35 Volt freigegeben – für einen recht geringen Aufpreis gegenüber Standard-RAM.
Preis pro GiByte: ca. 5,00 Euro

www.pcgh.de/preis/1305608

ab ca. € 80,-

DDR4-RAM für Speicherfresser

Wer die Quad-Channel-Fähigkeit eines Sockel-2011-v3-Rechners nutzen möchte, benötigt mindestens vier Module.

Natürlich können Sie auch vier Module mit je 4 GiByte verwenden, Corsairs rotes Vengeance-LPX-Quartett CMK32GX4M4A2400C16R mit 4 × 8 GiByte bietet Ihnen aber mehr Möglichkeiten, wenn Sie die leistungsfähigen Core-i7-Prozessoren mit mehreren Anwendungen gleichzeitig auslasten. Zum niedrigen Preis erhalten Sie Riegel, die für DDR4-2400 bei den Latenzen 16-16-16-39 und 1,2 Volt ausgelegt sind und unter große CPU-Kühler passen.
Preis pro GiByte: ca. 3,75 Euro

www.pcgh.de/preis/1375560

ab ca. € 120,-

DDR3-RAM für Office/HTPC & Co.

8 GiByte reichen für die meisten Standardanwendungen zum Internet-Surfen, Bearbeiten von Dokumenten etc. locker aus.

Selbst genügsame Spieler kommen mit dieser Speichermenge zurecht, sofern sie überwiegend anspruchslose Titel konsumieren. Wenn bereits ein ordentliches RAM-Kit verbaut ist, kann es vielleicht sogar mit dem neuen 8-GiByte-Kit kombiniert werden. Das günstige Crucial-Kit BLS2CP4G3D1609DS1S00CEU mit einfachen Kühlkörpern besteht aus zwei 4-GiByte-Riegeln und ist für DDR3-1600 (9-9-9-24) bei 1,50 Volt spezifiziert.
Preis pro GiByte: ca. 5,00 Euro

www.pcgh.de/preis/723497

ab ca. € 40,-

DDR3-RAM für Sparfüchse

16 GiByte DDR3-1866-RAM von Crucial – eine solide und günstige Basis für Spieler, die aufs Geld achten müssen.

Die beiden Ballistix-Sport-XT-Module mit je 8 GiByte und der Produktnummer BLS2C8G3D18ADS3CEU spezifiziert Crucial für DDR3-1866 und 10-10-10-30 bei 1,50 Volt. Zu diesem Preis erhalten Sie bei der Konkurrenz lediglich DDR3-1333/1600-Riegel, aber der Kühler ist etwas größer. Eine gute, kompakte Alternative: Crucial BLS2CP8G3D1609DS1S00 für 70 Euro und Freigabe für DDR3-1600 (9-9-9-24) und 1,50 Volt (www.pcgh.de/preis/739120).

www.pcgh.de/preis/966725

ab ca. € 65,-

DDR3-RAM für APUs und OC

G.Skill dreht zum geringen Aufpreis stark an der Taktschraube – das lohnt sich für Übertakter und Nutzer einer APU.

Das Kit F3-2400C11D-16GAB mit 2 × 8 GiByte ist für DDR3-2400 (11-13-13-31) bei 1,65 Volt ausgelegt und passt dank kompakter Abmessungen unter jeden Turmkühler. Über das Taktplus freuen sich nicht nur Übertakter, sondern z. B. auch Besitzer eines Sockel-FM2+-Systems, denn die integrierten Grafikeinheiten von APUs nutzen den Arbeitsspeicher für Bilddaten. Mit schnellem RAM laufen Spiele in der Praxis daher spürbar flüssiger.
Preis pro GiByte: ca. 4,38 Euro

www.pcgh.de/preis/963412

ab ca. € 70,-

DDR3-RAM für Speicherfresser

Speichermangel, ade – mit 32 GiByte haben Spieler reichlich Reserven für Multitasking und zukünftige Anwendungen.

Sofern Ihr Mainboard vier RAM-Steckplätze bietet und der Speichercontroller mit 32 GiByte zurechtkommt, müssen Sie sich keine Gedanken mehr um knappen Arbeitsspeicher machen – ideal, wenn Sie keinen Umstieg auf eine DDR4-Plattform planen. Hinter dem G.Skill-Kit F3-1600C10Q-32GAO steckt DDR3-1600-RAM mit den Timings 10-10-10-30 bei 1,5 Volt. Die flachen Ares-Heatspreader ermöglichen die Installation großer CPU-Kühler.
Preis pro GiByte: ca. 4,38 Euro

www.pcgh.de/preis/734668

ab ca. € 140,-

ALPHACOOL

EISBRECHER

The next step in **PERFORMANCE** and style

- spezielle A.B.M. Matte zur optimalen Verteilung des Luftstroms
- beleuchtetes Logo
- perfektes Design
- sechs G1/4“ Anschlüsse

In den Größen 120, 240 und 360mm erhältlich.

ALPHACOOL – THE COOLING COMPANY

GERMAN ENGINEERING

Der Einsteiger-PC

Sie möchten PC-Spiele genießen, ohne ein Vermögen auszugeben? Dann ist unser Einsteiger-PC die richtige Wahl für Sie. Für kleines Geld erhalten Sie ein System, das alle aktuellen Spiele stemmt.

Wenn es um die Berichterstattung geht, liegt der Fokus in der Regel auf High-End-Komponenten. Kein Wunder, denn diese bringen die größten Geschwindigkeitsvorteile. Nicht mehr so attraktiv ist die Edel-Hardware, wenn es um das Bezahlen geht: Die verlangten Aufpreise skalieren in aller Regel nicht linear mit der Leistung, sodass viele Interessenten im Zweifel dann doch lieber zu nicht so leistungsfähigen, dafür aber wesentlich günstigeren Komponenten greifen. Dabei muss ein Spiele-PC nicht teuer sein. Auf diesen Seiten stellen wir eine ausreichende, aber dennoch günstige Grundausstattung für Gamer vor, mit der Sie fast jedes aktuelle Spiel schnell genug in Full-HD-Auflösung spielen können. Manch ein Titel könnte jedoch das Reduzieren von Details notwendig machen, ebenso ist die Leistung in höheren Auflösungen als Full HD etwas zu knapp bemessen.

Günstige Bauteile

Für jede wichtige Komponente suchen wir ein günstiges, aber gutes Produkt aus. Dabei geht es nicht darum, das billigstmögliche System zu bauen, sondern nur so viel Geld zu sparen, wie es sinnvoll ist. Spiele haben gewisse Anforderungen, die erfüllt werden sollen. Zudem muss man auch ein Auge auf die zukünftige Entwicklung haben, da das Spielesystem ansonsten zwar schön günstig ist, aber bereits nach etwas mehr als einem Jahr für fast ebenso viel Geld erneut aufgerüstet werden muss. Die von uns hier präsentierten Komponenten erfüllen diese Kriterien und stammen wie die Grafikkarte teils aus der neuesten Hardware-Generation. Auf der anderen Seite gibt es Hardware-Klassiker, die zwar schon einige Jahre auf dem Buckel haben, aber immer noch empfehlenswert sind. Die von uns vorgeschlagene CPU fällt beispielsweise in diese Gruppe.

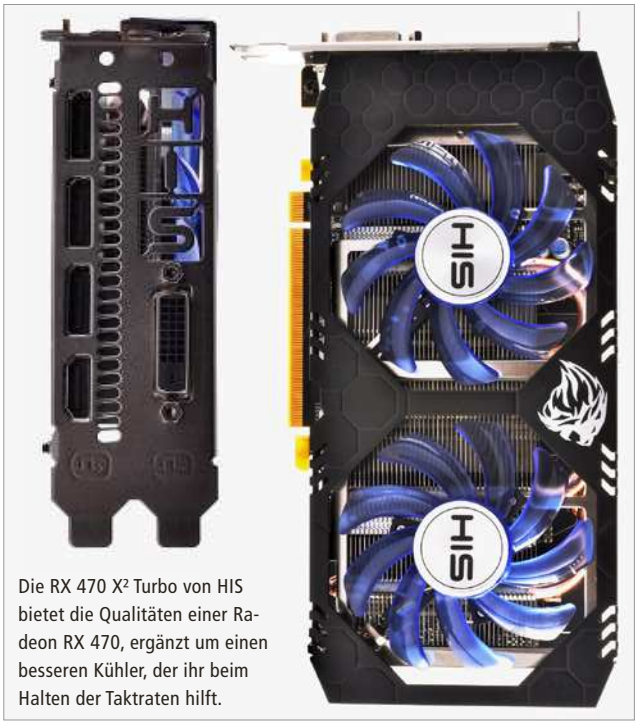
80 PLUS PLATINUM
+ SILENT WINGS
+ CABLE MANAGEMENT
DARK POWER PRO 11
Fortschrittlichste Technologie | Nahezu unhörbarer Betrieb
SilentWings® 3 135mm Lüfter | Erhöhter Luftdurchsatz
Modular: 550, 650, 750, 850, 1.000, 1.200W
GERMANY'S NO. 1 PSU MANUFACTURER
*GfK 2016
be quiet!®

Grafikkarte

Den größten Teil unseres Budgets investieren wir in die Grafikkarte. Diese Komponente altert am schnellsten und ist am leistungskritischsten.

Polaris ist die aktuelle Grafik-Generation von AMD. Mit den Karten dieser Serie hat der Hersteller eine überzeugende Serie von Mittelklasse- und Einsteigerbeschleunigern auf den Markt gebracht, weshalb wir hier mit der Radeon RX 470 auch das mittlere der drei Modelle empfehlen. Eines der derzeit günstigsten Modelle im PCGH-Preisvergleich ist die HIS Radeon RX 470 X² Turbo. Diese ist mit 4 GiByte GDDR5-Speicher ausgestattet, die Mindestmenge, die wir derzeit für einen Neukauf empfehlen. Im Gegensatz zum Referenzdesign wartet das Modell von HIS zudem mit einer besseren Kühllösung auf, das leiser bleibt und einen stabileren wie höheren Boost-Takt ermöglicht.

Die rund 200 Euro teure Platine arbeitet mit einem maximalen Boost auf 1.256 MHz, der je nach Spiel und Umgebungstemperatur gehalten oder gesenkt wird. Der Speicher arbeitet mit 3.500 MHz. Trotz der nicht vollen Bestückung des Chips (2.048 statt 2.304 ALUs) bietet die RX 470 fast so viel Leistung wie die RX 480, dem derzeitigen Spitzenmodell aus der Polaris-Serie. Der Rückstand auf das schnellere Modell in der 4-GiB-Version lässt sich auf rund zehn Prozent beziffern. Auch bei den Features ist die RX 470 von HIS voll auf der Höhe der Zeit: Die Karte beherrscht Direct X 12, bietet Vulkan- und Mantle-Support und somit alle wichtigen Technik-Innovationen des aktuellen Jahres. In Sachen Verbrauch gibt sich die Karte sehr sparsam: Es sind nur etwa 120 Watt, die sich der Beschleuniger aus dem PCI-Express-Slot sowie dem einzelnen sechspoligen Stromanschluss zieht. Insgesamt also eine sehr gute und günstige Karte für einen Einsteiger-PC.



Die RX 470 X² Turbo von HIS bietet die Qualitäten einer Radeon RX 470, ergänzt um einen besseren Kühler, der ihr beim Halten der Taktraten hilft.

Der AMD-FX-6300-Prozessor ist für den Sockel AM3+ geeignet und bietet mit einem Kostenpunkt von knapp unter 100 Euro ein sehr faires Preis-Leistungs-Verhältnis – ein echter Tipp für Gamer mit schmalem Geldbeutel.

Prozessor

Der FX-6300 ist schon etwas betagt, stellt aber immer noch eine gute Basis für einen Einsteiger-PC dar. Deshalb setzen wir ihn auch in unserem Rechner ein.

In der Regel ist die Grafikkarte die limitierende Komponente eines Spiele-Systems. Das ist allerdings kein Grund, dem Prozessor keine Beachtung zu schenken. Eine CPU in einem Spiele-System sollte heutzutage mindestens vier Kerne besitzen. Der FX-6300 bietet drei Module, welche gleichzeitig bis zu sechs Threads bearbeiten können. Die Module schalten mit bis zu 3,5 GHz und lassen sich durch den freien Multiplikator sehr unkompliziert übertakten. Für einen Großteil aktueller Spiele reicht diese Leistung aus. Moderne APIs wie Direct X 12 und Vulkan sorgen zudem dafür, dass entsprechende Spiele vor allem schwächere Prozessoren zukünftig noch besser ausnutzen, sodass Sie zusammen mit der ebenfalls empfohlenen Radeon RX 470, welche dieses Funktionsset unterstützt, bestens gewappnet sind.

Die TDP des Einsteigerklasse-Prozessors liegt bei 95 Watt. Da der FX-6300 schon einige Jahre auf dem Markt ist, ist er sehr preiswert. Ein Exemplar gibt es für weniger als 100 Euro, eine weitere Ersparnis holt er bei der Plattform heraus, die im Vergleich zu moderner Intel-Hardware deutlich günstiger ist. Natürlich hat das Alter auch einige Nachteile. So ist bei der Plattform nur PCI-Express 2.0 möglich, da die 3.0-Version der Schnittstelle damals noch nicht üblich war. Beim Speicher setzt der kleine AMD FX auf DDR3, offiziell vorgesehen ist eine Geschwindigkeit von bis zu DDR3-1866. Für gesteigerten Durchsatz wird der Speicher im Dual-Channel-Modus betrieben, sodass Sie mindestens zwei Speicherriegel einbauen sollten.

Angeboten wird der Prozessor derzeit nur als Boxed-Version. Das heißt, ihm liegt ein Kühler bei. Da dieser aber weder besonders leistungsfähig noch leise ist, finden Sie auf den nächsten Seiten auch noch eine Empfehlung, um das mäßige Standardmodell gegen einen besseren Nachrüstkühler zu ersetzen.

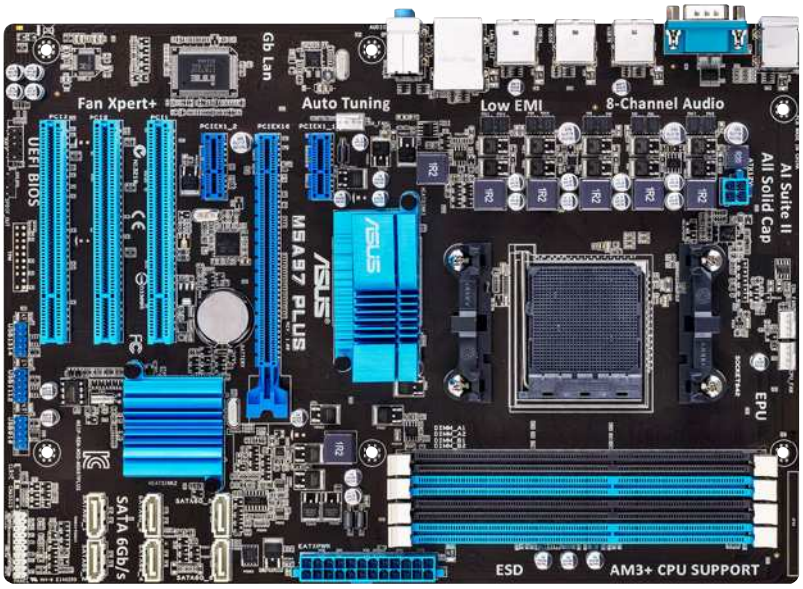
Mainboard

Der Sockel AM3+ ist schon einige Jahre auf dem Markt. Die Mainboards sind ausgereift und zudem gut verfügbar, auch die Preise halten sich in Grenzen.

Der Prozessor kostet zwar rund 100 Euro, dafür gibt es das passende Steckbrett in Form des Asus M5A97 bereits für weniger als 70 Euro. So legen Sie für die Plattform insgesamt nur 170 Euro für einen auf den Tisch und haben damit die Grundlage für ein spieletaugliches System.

Die kleinen Wermutstropfen, bedingt durch das Alter der FX-Serie, gelten natürlich auch hier. Der Chipsatz stellt nur PCI-2.0-Lanes zur Verfügung (insgesamt 22). 16 davon nutzt der einzelne PCI-E-×16-Slot. Zur Ergänzung gibt es noch zwei PCI-E-×1-Slots, die sich zum Betrieb langsamerer Hardware wie Netzwerkkarten oder Sound eignen. Durch die drei PCI-Steckplätze ist das Mainboard zudem abwärtskompatibel zu älteren Erweiterungskarten. Des Weiteren fehlt dem Mainboard USB 3.0, das aber von der Plattform insgesamt nicht unterstützt wird und wenn überhaupt nur durch Chips von Drittherstellern ermöglicht wird. Einen solchen können Sie natürlich selbst nachrüsten.

Der Soundchip stammt von Realtek und trägt die Bezeichnung ALC887. Es lassen sich insgesamt bis zu sechs SATA-Laufwerke mit 6 GBit/s anschließen. Ebenso hoch ist die Anzahl der USB-2.0-Anschlüsse. Falls Ihnen das Asus M5A97 doch etwas zu puristisch daherkommt, stellt das Asrock Fatal1ity 990 FX Killer eine gute, aber auch teurere Alternative dar.



Unsere Mainboard-Empfehlung, das Asus M5A97, kostet deutlich unter 100 Euro und ist dennoch gut ausgestattet.

Das Thermaltake London 550 Watt ist für ein Netzteil mit 80-Plus-Zertifizierung recht günstig.

Netzteil

Jeder PC braucht eine ordentliche Stromversorgung, sei es ein einfacher Office-Rechner oder eine edler Gaming-Bolide.

Für unser Einsteigersystem haben wir uns den Spannungsspender London 550 Watt ausgesucht. Mit rund 80 Euro ist es nicht ganz günstig, bietet jedoch eine 80-Plus-Zertifizierung, die es nicht nur bewirbt, sondern auch laut unseren Messungen mit Bravour einhält. Berücksichtigt man diese Zertifizierung, gehört das Thermaltake London 550 Watt dennoch zu den günstigeren Netzteilen. Zusätzlich zur 80-Plus-Auszeichnung weist das London besonders im mittleren Lastbereich eine gute Effizienz auf.

Das Netzteil von Thermaltake bietet eine Garantie von fünf Jahren, zudem liegt Zubehör in Form einer Tasche sowie Kabelbinder bei. Um die Anzahl von Kabeln von vornherein gering zu halten, bietet das London 550 Watt ein teilmodulares Kabelsystem, bei dem alle Verbindungsstrippen bis auf das ATX-Kabel nur dann am Netzteil angeschlossen werden, wenn sie benötigt werden. Das sorgt dafür, dass die Luft im Gehäuse besser zirkulieren kann und weniger Staub im PC-Inneren hängen bleibt.

Kleinere Nachteile des London 550 Watt sind der nicht ganz flüsterleise Betrieb sowie das Fehlen eines Überspannungsschutzes.

Prozessorkühler

Zwar liegt unserer CPU-Empfehlung ein Kühler bei, dieser LC-Power-Kühler ist jedoch die bessere Wahl.

AMD liefert die Retail-Varianten seiner Prozessoren mit einem Lüfter aus. Dieser ist allerdings recht klein dimensioniert und wird zudem unter Last mitunter extrem laut. Das stört natürlich auf Dauer, nicht nur beim Zocken. Auch die Temperaturen sind recht hoch, wenn auch unbedenklich. Übertakten sollten Sie mit dem Standardlüfter jedoch nicht. Setzen Sie daher am besten auf einen Nachrüstkühler, etwa diesen LC-Power Cosmo Cool (LC-CC-120). Mit einem 140-Millimeter-Lüfter bleibt Ihr FX 6300 stets gut gekühlt, auch wenn Sie die Taktrate manuell anheben. Der Preis ist mit nur 20 Euro zudem erfreulich niedrig.

Der mit einem Kostenpunkt von nur 15 Euro sehr günstige Cosmo Cool von LC-Power bietet vier Heatpipes aus Kupfer.

Arbeitsspeicher (RAM)

Für unseren günstigen Einsteiger-PC setzen wir auf breit verfügbaren DDR3-RAM aus dem Hause Crucial.

Wer 2016 einen neuen Spielerechner aufbaut, hat je nach Plattform die Wahl zwischen DDR3- und DDR4-Speicherriegeln. Für unseren Einsteiger-PC eignet sich DDR3, der neuere DDR4 ist nicht kompatibel. Ein solides Speicherkit stellen die Crucial Ballistix Sport dar. Acht Gigabyte bekommen Sie bereits für knapp unter 40 Euro. Takt und Timings sind vollkommen in Ordnung. Achten Sie beim Kauf darauf, mindestens zwei Speicherriegel zu verwenden, um von Dual Channel zu profitieren.

Weniger als acht Gigabyte Arbeitsspeicher sollten in keinem Gaming-Rechner mehr verbaut werden. Die Preise sind glücklicherweise recht niedrig.

Gehäuse

Das Gehäuse ist das Gesicht des eigenen Gaming-PCs. Bei schmalem Budget hat man zwar nicht die volle Auswahl am Markt, aber dennoch gibt es günstige und empfehlenswerte Modelle.

Da das Gehäuse die von außen sichtbare Komponente eines PCs ist, sollte vor allem der eigene Geschmack das maßgebliche Entscheidungskriterium sein. Beim Einsteiger-PC kommt natürlich auch das Problem des begrenzten Budgets dazu. Aber das Angebot an Gehäusen unter 50 Euro ist keineswegs klein.

Für unseren Einsteiger-Boliden haben wir uns für das LC-Power Gaming 983B Silent Interceptor entschieden. Dieses bietet ein für Spieler aufregendes Design und entkoppelt die darin verbaute Hardware durch seine Dämmung akustisch weitestgehend von der Außenwelt, sodass auch nicht ganz so leise Komponenten nicht störend auffallen. Dazu trägt auch die Fronttür bei, die im geschlossenen Zustand für eine weitere Dämpfung des Betriebsgeräusches sorgt.

Der Midi-Tower bietet ausreichend Platz für ATX-Mainboards, unterstützt aber auch den Einbau von Micro- und Mini-ATX. Grafikkarten dürfen bis zu 38 cm lang sein, womit auch für Flaggschiffe mit ausladenden Kühlerkonstruktionen ausreichend Platz vorhanden ist. Nicht ganz so großzügig sieht es beim CPU-Kühler aus: Dieser darf maximal 15 cm hoch sein, womit nicht jeder großvolumige Radiator in Frage kommt. Mit zwei 5,25-Zoll sowie zwei 3,5- und drei 2,5-Zoll-Schächten bietet der Silent Interceptor genug Einschübe für zahlreiche Laufwerke.

Das LC-Power Gaming 983B Silent Interceptor zielt mit seinem Design klar auf Gamer ab. Durch die Schallisolierung eignet es sich für die Konstruktion leiser Systeme.

Peripherie

Eine solide Kombination aus Tastatur und Maus ist wichtig, damit echter Spielspaß aufkommt. Wir stellen zwei günstige Produkte vor.

Spieler holen sich heutzutage am liebsten mechanische Tastaturen ins Haus. Doch auch wenn ihnen weitaus mehr Aufmerksamkeit als ihren mit Gummidom-Tasten ausgestatteten Konkurrenten zuteil wird, muss eine mechanische Tastatur nicht zwingend die erste Wahl sein. Denn eine solche Tastatur ist vergleichsweise sehr teuer und das überlegene Tipp-Gefühl ist vor allem eine subjektive Einschätzung, die nicht jeder teilen muss. Dass auch abseits der mechanischen Platzhirsche gute und günstige Gummidom-Alternativen existieren, zeigt die Sharkoon Skiller, die es für weniger als 20 Euro gibt.

Dabei bringt die Tastatur alle für Spieler wichtigen Funktionen mit. Dazu gehört eine Makrofunktion für sechs programmierbare Tasten und die wichtige N-Key-Rollover-Fähigkeit, die verhindert, dass in der Hitze des Gefechtes wichtige Eingaben verschluckt werden. Die Handballenablage ist nicht abnehmbar, aber klein genug, um nicht zu stören, gleichzeitig aber immer noch groß genug, um einen Effekt zu haben.

Ebenfalls unter 20 Euro kostet die Speedlink Ledus, welche noch Gaming-taugliche Eigenschaften bietet, sonst aber durch Purismus und das Design überzeugt. Für eine ausreichend präzise Abtastung arbeitet der Nager mit bis zu 3.000 dpi.

Gute Eingabegeräte müssen nicht sündhaft teuer sein, wie unsere beiden Empfehlungen für den Einsteiger-PC deutlich demonstrieren. Obwohl der Preis der Geräte unter 20 Euro liegt, ist die Performance sehr gut.

SSD

Im Vergleich zu herkömmlichen Magnetfestplatten sind SSDs immer noch recht teuer. Wir empfehlen dennoch, eine solche in Ihrem Gaming-Rechner zu verbauen.

Bei SSDs sollten Sie derzeit mindestens zu einem Modell der 250-GB-Klasse greifen, da sie dort das beste Preis-Leistungs-Verhältnis bekommen, auch wenn 120-GB-SSDs immer noch ein paar Euro günstiger sind. Die Preise solcher Laufwerke sind inzwischen stark gesunken, sodass die Preise je nach Modell zwischen 50 und 100 Euro liegen. Unsere Empfehlung TRN 150 von Toshiba OCZ gibt es für etwa 60 Euro. Eine weitere Kapazitätsverdoppelung kostet etwa 50 Euro Aufpreis, auch wenn Laufwerke der 500-GB-Klasse vereinzelt für unter 100 Euro zu haben sind. Unsere Empfehlung TRN 150 bietet durch TLC-Speicher einen sehr günstigen Preis, gleicht die Performance-Nachteile beim Schreiben jedoch durch intelligente Caching-Technologien aus.

Sollte Ihr Budget es hergeben, empfehlen wir Ihnen, eine schnelle Flash-Festplatte für Ihr Gaming-System zu kaufen.

HDD

Totgesagte leben länger. Auch heute gehören große Magnetfestplatten nicht zum alten Eisen.

Magnetfestplatten mit zwei bis drei TB Speicherplatz bieten aktuell den besten Kompromiss aus Preis und Leistung.

Als Systemdatenträger sind herkömmliche Magnetfestplatten nicht mehr erste Wahl. Ein flottes Flash-Laufwerk verbessert das Arbeitstempo eines jeden PCs sehr deutlich und auch die Ladezeiten bei Spielen fallen spürbar kürzer aus. Abschreiben darf man die klassische Festplatte deswegen aber noch nicht.

Wenn es um das Abspeichern von großen Datenmengen geht, dann ist auch 2016 die herkömmliche Magnetfestplatte immer noch alternativlos. Der Preis pro Gigabyte ist wesentlich günstiger als bei den schnelleren Flash-Laufwerken. Das macht sie zur höchst interessanten Option für Datensammler. Seien es Spielfilme, Serien, Urlaubsvideos – eine Festplatte bietet genug Platz. Auch für Fotos und Audiodateien bietet sich eine HDD sehr gut als Speicherort an. Bei diesen Anwendungen kommt es nämlich kaum auf die Zugriffsgeschwindigkeit oder die Datentransferrate an. Das beste Preis-Leistungs-Verhältnis haben aktuell Festplatten mit einem Terabyte Speicherkapazität. Das reicht für die meisten Mediensammlungen völlig aus und kostet wie die Seagate Desktop HDD 2 TB etwa 65 Euro.

Ein Gehäuse.
Unbegrenzte Möglichkeiten!

DARK BASE 900

Unzählige Möglichkeiten einen PC zu konfigurieren und eine Gehäuse-Serie, die all das möglich macht: Dark Base 900. Maximale Flexibilität für deine individuellen Anforderungen und - typisch be quiet! - einer der leisesten Tower der Welt!

- Mainboard-Tray und HDD-Tray mit erweiterten Einbaumöglichkeiten
- Drei nahezu unhörbar leise be quiet! SilentWings® 3 PWM Lüfter
- Intelligente Luftstromführung mit geräuschreduzierenden Auslässen
- Vier Bereiche für Wasserkühlungsradiatoren bis zu 420mm
- Dark Base Pro 900 mit LED-Beleuchtung, Seitenfenster aus getöntem Temperglas und kabellose Ladestation für Qi-fähige Endgeräte

Für mehr Informationen besuchen Sie **bequiet.com**.

GERMANY'S NO. 1 PSU MANUFACTURER*

*GfK 2007-2016

Erhältlich bei: alternate.de · arlt.de · atelco.de · bora-computer.de · caseking.de conrad.de · cyberport.de · e-tec.at · galaxus.ch · mindfactory.de · reichelt.de · snogard.de

be quiet!®

Der Mittelklasse-PC

Die Mittelklasse steht für eine gute Leistung zum vernünftigen Preis. Unsere Bauempfehlung stemmt aktuelle Spiele mit maximalen Details und ist auch der Zukunft gewachsen.

Die Full-HD-Auflösung ist der aktuelle Standard, die meisten Spieler haben einen Bildschirm mit 1.920 × 1.080 Bildpunkten auf dem heimischen Schreibtisch stehen. Doch WQHD mit 2.560 × 1.440 Pixel ist auf dem Vormarsch, das feinere Bild zieht immer mehr PC-Zocker an. Damit steigen die Anforderungen an die Grafikkarte deutlich – und zwar nur an die Grafikkarte, denn eine höhere Auflösung bedeutet keinen Mehraufwand für den Hauptprozessor. Unser Mittelklasse-Rechner, welchen Sie in der Konfiguration mit einem Datenträger und ohne die vorgeschlagene (optionale) Gaming-Peripherie für etwas mehr als als 1.200 Euro bekommen, ist beiden Auflösungen gewachsen.

Vernunft siegt

Unsere Hardware-Komposition für den Mittelklasse-PC besteht aus Preis-Leistungs-Siegern, welche allesamt aktuellen Produktlinien entspringen. Folgen Sie diesem Beispiel, kaufen Sie folglich keine Auslaufware, sondern Produkte, die im Optimierungsfokus der Hersteller stehen. Das ist vor allem bei der Grafikkarte wichtig, da hier die neuen Chips mit jedem Treiber besser ausgenutzt und mit neuen Funktionen ausgestattet werden.

Für eine ordentliche Grundleistung sorgt der Prozessor Intel Core i5-6600K. Seine vier Rechenkerne auf Basis der potenten Skylake-Architektur laufen mindestens mit 3,5 GHz, ein lastabhängiger Turbo beschleunigt den Chip in Spielen, die weniger Kerne verwenden, weiter (u. a. Starcraft 2 und The Elder Scrolls 5: Skyrim). Er sitzt auf einem weiteren Preis-Leistungs-Tipp, dem MSI Z170 Pro Gaming in der Non-Carbon-Version. Diese Hauptplatine bietet alles, was das Spielerherz begehrt, und ist auf den Betrieb modernen DDR4-Speichers getrimmt. Wir installieren ein flinkes 16-GiByte-Kit, denn moderne High-End-Spiele wie Battlefield 1, Deus Ex: Mankind Divided & Co. stoßen mit 8 GiByte Hauptspeicher teilweise an die Ruckelgrenze – und für die Zukunft soll der Rechner schließlich auch gerüstet sein. Da der Aufpreis für DDR4-3000 nur wenige Euro beträgt, nehmen wir das Leistungsplus gegenüber DDR4-2400 respektive -2666 mit und raten Ihnen ebenfalls dazu, denn dann ist die Wahrscheinlichkeit größer, dass der Speicher auch ein guter Gefährte für den Nachfolge-PC in ein paar Jahren ist.

Auch bei der Grafikkarte haben wir ein Sicherheitspolster eingeplant: Die Radeon RX 480 mit 8 GiByte mag der Geforce GTX 1060 (6 GiByte) derzeit leicht unterlegen sein, trumpft in den ersten DirectX-12-/Vulkan-Spielen jedoch mit einem großen Leistungsplus auf und ist dank ihrer Speicherbestückung jedem noch so hungrigen Spiel gewachsen. Wer möchte, kann dennoch eine GTX 1060 installieren – vermeiden Sie dabei jedoch die hüftlahme 3-GiByte-Variante. *(rv)*

Grafikkarte

AMDs Radeon RX 480 mit 8 GiByte Speicher liefert eine hohe Leistung in der Mittelklasse. Asus' Strix-Version verbessert die Vorlage deutlich.

Die Radeon RX 480/8G basiert auf AMDs neuer Polaris-Architektur und stellt das momentane Flaggschiff der Nvidia-Konkurrenten dar. Asus greift die Vorlage auf und verstärkt sie in beinahe jeder Disziplin: Neben einer neu entworfenen Basisplatine mit achtfacher Spannungsversorgung bietet die ROG Strix RX 480 OC eine werkseitige Übertaktung, einen mächtigen Kühler sowie Spezialfunktionen für Tuner. So dürfen Besitzer eines Multimeters die im Betrieb anliegenden Spannungen abgreifen und zwei Lüfter an die Grafikkartenplatine stecken, um während des Spielens garantiert keinen Hitzestau zu erleben – das ist vor allem im Hochsommer praktisch, zumal die Drehzahl im Asus-eigenen Tool GPU Tweak II geregelt werden kann. Hier finden Strix-Nutzer außerdem zwei weitere Betriebsmodi vor. Ausgeliefert wird die Karte mit dem „Gaming mode", sprich mit einer werkseitigen Übertaktung auf 1.310 MHz Boost (Standardkarte: 1.266 MHz). Ein Klick auf das Profil „OC mode" erhöht den Takt auf 1.330 MHz, während „Silent mode" den Betrieb mit geringerer Lautstärke und Taktfrequenz ermöglicht. Die beiden OC-Modi beschleunigen die RX 480 deutlich, die Asus Strix OC kann sich dank des moderat angehobenen Powerlimits und der starken Kühlung fühlbar von einer RX-480-Referenzkarte absetzen. Diese fallen bei dauerhafter Last teilweise auf weniger als 1.100 MHz, die Strix bleibt hingegen fast immer jenseits der 1.300-MHz-Marke und fällt schlimmstenfalls auf 1.250 MHz. Dabei wird der Kern höchstens 65 °C warm – eine ideale Ausgangsbasis, um der Karte das Flüstern beizubringen. Das ist entweder per GPU Tweak II oder Wattman-Menü im Radeon-Treiber möglich. Mit einem Temperaturziel von 75 °C bleibt die Asus ROG Strix RX 480 OC angenehm leise. Ein zusätzlich um 10 Prozent angehobenes Powerlimit tackert den Boost indessen auf 1.310 MHz fest. Spätestens jetzt bereiten Battlefield 1 & Co. richtig Freude mit rund 60 Fps auf dem WQHD-Schlachtfeld.

Asus' Radeon RX 480 Strix OC bietet mehr als Standardkost: Die leistungsfähige Platine trägt neben Spannungsmesspunkten auch zwei 4-Pol-Lüfteranschlüsse am Heck. Damit lassen sich bequem Gehäuselüfter nachrüsten und über die Grafikkarte regeln.

Prozessor

Aktuelle Spiele profitieren von einem Vierkern-Prozessor mit moderner Architektur. Der Core i5-6600K bietet genau das – und lässt sich dank offenem Multiplikator gut übertakten.

Der ab rund 230 Euro erhältliche Core i5-6600K ist, sofern hohe Leistung im Pflichtenheft steht, der preislich attraktivste Intel-Prozessor. Der Marktführer setzt für seine in 14 Nanometer Strukturbreite gefertigte Skylake-Architektur auf den Sockel 1151 – eine passende Hauptplatine haben wir auf der folgenden Seite aufgeführt. Dank seiner vier Kerne und mindestens 3,5 GHz (Basistakt) liefert der i5-6600K Spieleleistung satt. Grundsätzlich ist der Chip auf jedes Lastszenario vorbereitet: Nutzt ein Spiel nur einen oder zwei Cores – das trifft vor allem auf ältere Spiele zu –, dann steigert der Skylake seine Frequenz zeitweise auf fast 4,0 Gigahertz. Werden hingegen alle Kerne ausgenutzt, sorgen die hohe Pro-MHz-Leistung und das aktuelle Intruktionsset dafür, dass entsprechend optimierte Software schnellstmöglich abgearbeitet wird. Genügt die Leistung nicht, begeben sich Hobby-Übertakter in das UEFI-Menü ihres Mainboards und geben dem i5-6600K die Sporen. Dank des offenen Multiplikators der „K"-Prozessoren ist eine Übertaktung kinderleicht und 4 GHz auf allen Kernen kein Problem. Dank der feinen Fertigung benötigt der Chip dabei noch relativ wenig Energie, bis Sie die Spannung erhöhen.

Mainboard

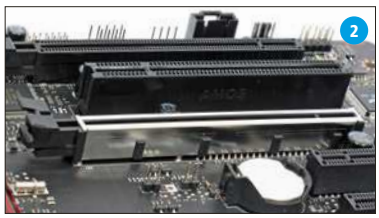
Das MSI Z170A Gaming Pro ist nicht ohne Grund das meistgesuchte Mainboard im PCGH-Online-Preisvergleich. Für rund 140 Euro erhält der Käufer die volle Z170-Funktionalität, insbesondere zahlreiche Erweiterungsslots, sowie eine auffällige Optik: rote Zierblenden, weiße Pseudo-Leiterbahnenmuster und eine großflächige Beleuchtung setzen Akzente.

„Mystic Light"-Beleuchtung

Auffälliges Merkmal des Gaming Pro ist die rechte Kante. Acht RGB-LEDs scheinen von der Unterseite durch das unlackierte PCB, per Tool oder Smartphone-App werden Farbe und Blinkeffekte gewählt. In heller Umgebung dominiert aber das gelbliche PCB-Material die Optik.

Oldschool & Heavy Metal

Neben einem PCI-Slot verfügt das Z170A Gaming Pro auch über metallverstärkte PEGs, die MSI sonst für teure Spitzenmodelle reserviert. Die hübschen Verstärkungen sollen Transportschäden durch schwere Grafikkarten verhindern und wurden angeblich bei Gigabyte abgeguckt.



USB 3.1, viele unshared PCI-Express-Slots, aber shared M.2 3

Mit 3 PCI-Express-×1- und einem -×4-Slot, die alle ohne Lane-Sharing daherkommen, ist das Z170A ebenso gut ausgestattet wie mit sechs USB-3.0- (2 intern) und zwei USB-3.1-Anschlüssen. Negativ wirkt sich der verschwenderische Umgang mit HSIO-Ports beim M.2-Steckplatz aus, der sich zwei Lanes mit dem SATA-Express-Anschluss teilen muss.

Unsere Mittelklasse-Konfiguration benötigt selbst mit starker Übertaktung keine 550 Watt, dank der hohen Effizienz und geringen Lautstärke ist das Dark Power Pro 11 dennoch unsere Empfehlung.

Netzteil

Obwohl wir sparsame Hardware-Komponenten installiert haben, haben hohe Effizienz und geringe Lautstärke beim Netzteil Priorität.

Das Dark Power Pro 11 aus dem Hause Be quiet erkämpfte sich in der jüngsten Netzteil-Marktübersicht der PC Games Hardware den Spitzenplatz. Das hat es vor allem seiner üppigen Ausstattung, hervorragenden Verarbeitung und tadellosen Lautstärke zu verdanken, wobei der verbaute Silent-Wings-Lüfter im Wiederholungstest mit Drehzahlen von gerade einmal 300 bis 500 Umdrehungen pro Minute (bei 10 bis 100 Prozent Last) nie über die 0,1-Sone-Marke hinausläuft – trotz adäquater Warmlaufzeit. Beim Wirkungsgrad liegt man hingegen gleichauf mit der Platin-Konkurrenz. Ein Alleinstellungsmerkmal des Netzteils ist die Aufteilung der 12-Volt-Leitung, die beim Dark Power Pro 11 als Multi-Rail mit optionaler Wechselmöglichkeit auf Single-Rail realisiert wurde. Auch die eigenen Lüfteranschlüsse sind ein selten bei anderen Netzteilen anzutreffendes Merkmal.

Nun sind 130 Euro für ein Netzteil wahrlich kein Schnäppchen, in Zeiten steigender Energiepreise und eines wachsenden Umweltbewusstseins vieler Menschen ist das angesichts der tadellosen Leistung des Dark Power Pro 11 jedoch eine Summe, die Sie bedenkenlos investieren können. Das gilt insbesondere, wenn Sie das Netzteil mehrere Jahre und mit stark übertakteten Komponenten zu nutzen gedenken. Viele Altgeräte ohne 80-Plus-Plakette sind hoffnungslos ineffizient und lassen außerdem viele mittlerweile zum Standard gewordenen Schutzfunktionen vermissen.

msi®
HART SPIELEN – COOL BLEIBEN
GeForce® GTX 10 Serie

Prozessorkühler

Geringer Platzverbrauch, hohe Kühleffizienz und ein moderater Preis: Der Scythe Fuma überzeugt im PCGH-Test.

Verantwortlich für die gute Leistung des Scythe Fuma sind unter anderem die 120-mm-Slip-Stream-Lüfter. Deren 140-mm-Version ist für ein gutes Leistungs-Lautheits-Verhältnis bekannt und seit Langem eine PCGH-Preis-Leistungs-Empfehlung. Unterhalb von 600 U/min gibt es zwar heraushörbare Lagergeräusche zu beanstanden – aber CPU-Kühler laufen außerhalb des Idle-Betriebs meist schneller, sodass Luftrauschen die Klangkulisse bestimmt. Der Fuma verfügt über eine passend hohe Maximaldrehzahl, die ihm in allen Leistungsmessungen den ersten Platz beschert – auf Kosten der Lautstärke. Dennoch steht dem Silent-Betrieb nichts im Wege, denn die Lüfter verfügen über einen sehr weiten Regelbereich. So stößt der Fuma als erster Kühler an das Anzeigeminimum einer unserer Lüftersteuerungen – es werden „0 U/min" angezeigt, obwohl der Lüfter noch sauber dreht.

Scythe bietet mit dem rund 45 Euro teuren Fuma genügend Leistung, um den Prozessor leise zu kühlen. Von der Maximaldrehzahl sollten Sie jedoch absehen.

Arbeitsspeicher (RAM)

Intels Skylake-Plattform setzt auf flotten DDR4-RAM. In einem modernen Spiele-PC sollten davon mindestens 16 GiByte installiert sein.

Die aktuelle Mainstream-Plattform von Intel hört auf den Namen Skylake und setzt auf den Sockel 1151. Zwar ist dieser sowohl mit DDR3- als auch DDR4-Speicher kompatibel, mittlerweile gibt es jedoch keinen Grund mehr, auf den veralteten Standard zu setzen. Wir empfehlen für das laufende Jahr und 2017 einen Speicherausbau von mindestens 16 GiByte, beispielsweise das 2×8-GiB-Kit aus dem Hause Corsair: Der Speicher der Bezeichnung CMK16GX4M2B3000C15R bietet DDR4-3000-Geschwindigkeit für circa 80 Euro.

DDR4-3000 ist mit moderaten Timings nur wenige Euro teurer als DDR4-2400 oder -2666. Das Corsair-Kit bietet ein gutes Preis-Leistungs-Verhältnis.

Gehäuse

Mit dem Carbide 600C bietet Corsair ein Gehäuse an, das einige ungewöhnliche Abweichungen von der Norm aufweist.

Corsairs Big-Tower Carbide 600C hat neben der optionalen und edlen Seitenteil-Tür mit Fenster einige Extras auf Lager. Anders als üblich wird die Hauptplatine um 180 Grad gedreht eingebaut. So wandert der mitgelieferte und horizontal verschiebbare 120-mm-Hecklüfter in Richtung Gehäuseboden, während das Netzteil sowie die werkzeuglosen Laufwerkshalterungen (2 × 3,5 Zoll, 2 × 5,25 Zoll) unterhalb des Deckels angebracht und mit einer leicht zu entfernenden Abdeckung versehen sind. Zur Laufwerksbefestigung kommen drei schraubenlose SSD-Halterungen auf der Rückseite der Mainboard-Halterung zum Einsatz. Die beiden zum Lieferumfang gehörenden 140-mm-Frontlüfter befinden sich an gewohnter Position. Am Boden wäre sogar noch Platz für zwei weitere 140-mm-Propeller (alternativ: Radiator im 3×120- oder 2×140-Format). Diese Lüfteranordnung sorgt für einen effektiv kühlenden Luftstrom. Dabei gehen die Lüfter bei 12 Volt mit erträglichen 2,9/3,0 Sone zu Werke; mit Spannungsreduktion auf 5 Volt per Lüftersteuerung (drei Stufen) verringert sich die Lautheit auf gute 2,1/2,2 Sone. Das Gehäuse bietet eine dreistufige Lüftersteuerung, sodass der Anwender selbst den gewünschten Kompromiss aus Kühlleistung und Lautheit wählen kann.

Corsairs Carbide 600C punktet äußerlich mit schlichter Eleganz und liefert im Inneren interessante Funktionen.

Peripherie

Der beste Rechner ist wertlos, wenn die Eingabegeräte steinalt sind. Wir haben Empfehlungen.

Wer sich eine mechanische Tastatur mit RGB-Einzeltastenbeleuchtung anschaffen wollte, musste bisher mindestens 130 Euro anlegen. Mit der Poseidon Z RGB zeigt Tt esports, dass ein bunter Lichtspieler für einen runden Hunderter zu haben ist. Dabei bietet das Keyboard fast alles, was der Spieler braucht, lediglich USB- und Soundanschlüsse sowie eine Handballenablage fehlen. Das Herzstück der Ausstattung sind die RGB-Lichtspielereien, für die ein integrierter Prozessor mit stromsparender ARM-Architektur verantwortlich ist. Sieben Effekte stehen zur Auswahl, die zusammen mit den per Software oder direkt aufgenommenen Makros in fünf per FN-Taste aufrufbaren Profilen gespeichert werden können. Zur weiteren Ausstattung gehören mit Multimediafunktionen belegte F-Tasten, ein Kabelschacht unter dem Standard-Chassis sowie eine Extrataste für den Gaming Modus (Windows-Taste ist gesperrt). Da die Handballenablage fehlt, gibt es Abzüge bei der Ergonomie. Dafür ist die Poseidon Z RGB absolut rutschfest und das übersichtliche Standard-MF-Tastenlayout verhindert Fehlgriffe beim Schreiben. Neben der von uns getesteten Variante mit den taktilen (haptisch/akustisch) Tt esport/Kailh Blue RGB bietet Tt esports auch noch ein Modell mit der braunen, ebenfalls taktilen Schaltervariante an.

Die mit 18 Knöpfen ausgestattete und mit bis zu 12.000 Dpi abtastende Roccat Nyth bietet die für das MMO-Genre typischen zwölf Daumentasten. Anders als bei der Konkurrenz lassen sich diese jedoch herausnehmen und neu anordnen. Der Spieler kann also nicht nur die Belegung der Knöpfe ändern, sondern das gesamte Layout an seine Bedürfnisse anpassen. Roccat liefert Einzel- und Doppeltasten sowie ein Element mit Daumenablage mit, das acht der zwölf Tastenhalterungen belegt. Per 3D-Drucker kann man sich auch eigene Variationen erstellen oder 3D-Muster bei Roccat herunterladen. Eine weitere Besonderheit der ab circa 120 Euro erhältlichen Roccat Nyth ist das austauschbare Seitenteil.

Gewinnerkombination: Sowohl die Tastatur Ttt esports Poseidon Z RGB als auch die vielseitige Gaming-Maus Roccat Nyth erzielten in den Tests der PC Games Hardware Bestnoten und stellen somit unsere Beispielkonfiguration für den Mittelklasse-PC dar.

SSD

Neue Spiele gieren nach Speicherplatz und schnellem Datenzugriff – eine SSD mit 500 GByte Kapazität sollte es 2016 schon sein.

Vor einigen Jahren waren SSDs noch nahezu unbezahlbare Luxusgüter. Doch die Preise für die rasend schnellen Speichermedien fallen glücklicherweise seit Jahren und die Gigabyte-Preise nähern sich denen der altehrwürdigen Festplatten (siehe rechts). Für den Mittelklasse-PC sind wir mutig und setzen bereits auf eine SSD mit 500 GByte Kapazität, welche in Form unseres Testsiegers Samsung SSD 850 Evo für rund 150 Euro verfügbar ist – viele halb so große Modelle kosten mehr als die Hälfte und leisten weniger, daher ist unsere Wahl nachvollziehbar. Die immer größer werdenden Spiele und ein sich durch stetige Updates aufblähendes Betriebssystem machen eine 256-GB-SSD mittlerweile zum Minimum für einen Spiele-PC. Mit 500 oder 512 GByte sorgen Sie hingegen dafür, dass ein solider Grundstock von Spielen auf das Laufwerk passt, ohne dass Sie Platzprobleme bekommen. Sollte es Ihr Budget erlauben, spricht natürlich auch nichts gegen eine noch größere SSD – im Falle unsere Vernunftkonfiguration passt sie jedoch nicht ins Bild, weswegen wir daneben eine klassische Festplatte empfehlen.

Die Samsung SSD 850 Evo mit 500 GByte bietet einen sehr guten Kompromiss aus Kapazität, Leistung, Garantie (5 Jahre) und Preis.

HDD

Für die Spiele-, Musik- und Filmesammlung kommt eine 5-Terabyte-HDD gerade recht.

5 Terabyte Speicherplatz: Um die Jahrtausendwende noch eine Vision der Festplattenhersteller, heute bezahlbar.

Die Hochzeit der Festplatten (Hard-Disk Drives, kurz HDD) ist zweifelsohne vorbei. Die auf mechanisch drehende Platter setzende Technologie ist anfällig für Erschütterungen, erzeugt Geräusche und ist wesentlich langsamer als ihre auf Flash-Speicher basierenden Nachfolger, die SSDs. Dennoch haben HDDs ihre Daseinsberechtigung, denn mehr Platz pro Euro finden Sie nirgends. Falls Sie nun voller Unverständnis den Kopf schütteln: Die meisten Computer werden nicht nur zum Spielen verwendet, sondern dienen über weite Teile ihrer Lebenszeit als Multimedia-Maschinen. Dort macht es sich gut, Platz für die angesammelten Urlaubsfotos/-videos und die Musikbibliothek zu haben. Auch wichtige Daten sollte man auf möglichst vielen Laufwerken – und am besten an mehreren geografisch entfernten Orten – sichern. Für den Mittelklasse-PC haben wir exemplarisch die Toshiba Enterprise Cloud HDD 5TB MC04ACA500E ausgesucht. Sie bietet die zehnfache (!) Kapazität der links empfohlenen SSD und somit Platz für alles Erdenkliche. Die Idee, nur vielgespielte oder besonders anspruchsvolle Titel auf der SSD zu installieren und die große Spielesammlung, teils mit Klassikern, auf der HDD zu parken, hat ebenfalls ihren Reiz. Kommt das nicht infrage, lassen Sie die HDD einfach weg.

CORSAIR
GAMING

K70 RGB RAPIDFIRE

UNSCHLAGBARE GESCHWINDIGKEIT
LEGENDÄRE STABILITÄT

Um auf höchstem Niveau zu konkurrieren, brauchen sie eine schnelle Reaktion der Tasten. Die blitzschnelle Reaktionszeit der RAPIDFIRE und die 100% Anti-Ghosting-Technologie ermöglichen eine bisher unerreichte Kombination aus Geschwindigkeit und Präzision. Alle neuen Cherry MX-Speed-Tasten besitzen einen ultrakurzen Betätigungsabstand für superschnelle Reaktionen. Der Aluminiumrahmen der Tastatur wurden so konstruiert, das sie einen Sturm von Tastenanschlägen widerstehen und auch am nächsten Tag für virtuelle Gefechte einsetzbar ist.

1.2mm
RAPIDFIRE MX SPEED ULTRASCHNELLER BETÄTIGUNGSABSTAND

VS

2mm
DURCHSCHNITTLICHER BETÄTIGUNGSABSTAND EINER MECHANISCHEN STANDARDTASTATUR

Jaryd
"Summit1G" Lazar
PRO CS:GO TWITCH STREAMER

"In einem Spiel wie Counterstrike: Global Offensive ist eine zuverlässige Tastatur nicht nur ein Wunsch, sondern eine Notwendigkeit. Nichts ist schlimmer als Tasten, die keine Rückmeldung geben oder zu langsam agieren. Die neue RAPIDFIRE Edition ist eine wahre Verbesserung der K70, die ich jetzt schon liebe."

ERFAHREN SIE MEHR AUF CORSAIR.COM/RAPIDFIRE

MX CHERRY MECHANICAL SWITCH

MX SPEED RGB

Der High-End-PC

Mit diesem Bauvorschlag richten wir uns an Enthusiasten, die Wert auf Leistung legen und bei denen der Preis eine untergeordnete Rolle spielt – dennoch verpulvern wir das Budget nicht unnötig.

Das High-End – ausgefeilte Luxusgüter – übt einen ganz besonderen Reiz auf uns aus. Während viele Männer bei Sportflitzern und Frauen bei Diamantschmuck glasige Augen bekommen, lechzen echte Geeks nach der schnellsten Hardware für ihren Gaming-PC. Die Verlockung war groß, Ihnen an dieser Stelle einen sündhaft teuren Superrechner mit unvernünftig vielen Prozessorkernen und Grafikkarten zu präsentieren. Einfach die teuersten Komponenten des PCGH-Preisvergleichs (http://preisvergleich.pcgameshardware.de) in einen Warenkorb zu packen ist jedoch weder schwierig noch sinnvoll. Unser High-End-Bauvorschlag schlägt eine Brücke zwischen dem Mittelklasse- alias Vernunftrechner und purer Dekadenz: Wir präsentieren Ihnen einen mächtigen PC für alle Einsatzzwecke, der zweifellos teuer, aber bezahlbar ist.

Flüssig statt überflüssig

Der vorgestellte High-End-Computer kostet rund 2.400 Euro. Das ist wesentlich weniger als die jeweiligen Enthusiastenteile Nvidia Titan X (1.300 Euro) plus Intel Core i7-6950X (1.650 Euro) – ohne weitere Komponenten, die zusammen einen PC ergeben. Wir setzen stattdessen auf eine übertaktete Geforce GTX 1080 sowie einen Core i7-6800K. Letzterer bietet zwar nur sechs anstelle von zehn Prozessorkernen, taktet jedoch um 500 MHz höher und kostet nur ein Viertel des 6950X, dessen zahlreiche Kerne beim Spielen keinen Vorteil bringen. Die MSI GTX 1080 Gaming X 8G erreicht indessen 85 bis 90 Prozent der Titan-X-Leistung, kostet weniger als 800 Euro und geht deutlich leiser zu Werke. Auch die übrigen Komponenten folgen dem Motto „flüssig statt überflüssig“, wenngleich wir u. a. beim Speicher in die Zukunft investieren. *(rv)*

Grafikkarte

Unsere Wahl fällt auf eine High-End-Grafikkarte, die eine ordentliche werkseitige Übertaktung mit einem starken wie leisen Kühler vereint: die MSI GTX 1080 Gaming X 8G.

Die Geforce GTX 1080 eroberte im Mai 2016 den Grafikkarten-Leistungsthron und verweilte dort bis Anfang August, als die Titan X (Pascal) erschien. Falls Sie gerade ein Déjà-vu erleben, hat das einen Grund: Bereits 2015 veröffentlichte Nvidia die Geforce GTX Titan X (Maxwell-GPU) – man beachte den kleinen, aber feinen Namensunterschied. Die Titan X verzichtet auf die den Gaming-Produkten zugesprochenen Bezeichnungen „Geforce" und „GTX", da Nvidia mit der Titan X Pascal vor allem (semi-)professionelle Anwender und hier wiederum mit Fokus auf der Disziplin Deep Learning ansprechen möchte. Angesichts der aufgerufenen 1.300 Euro und stark limitierten Kühlung liegt es nahe, sich nach Alternativen umzusehen.

Die GTX 1080 erreicht in der Basisversion, Founders Edition genannt, im PCGH-Leistungsindex rund 83 Prozent der Titan-X-Leistung. Die MSI-Ingenieure haben Nvidias Vorlage stark aufgebohrt und mit der GTX 1080 Gaming X 8G eine deutlich beschleunigte Version der High-End-Grafikkarte veröffentlicht. Auf dem Papier stehen 1.683 MHz GPU-Basistakt, 1.822 MHz GPU-Boost und 5.006 MHz Speichertakt. Im PCGH-Parcours boostet das uns vorliegende Muster auf mindestens 1.886 MHz, in vielen weniger anspruchsvollen Spielen sogar auf 1.911 MHz. Im Vergleich mit der Founders Edition, welche gewöhnlich zwischen 1.650 und 1.800 MHz unterwegs ist, ergibt sich ein fühlbares Leistungsplus. Das verdankt die MSI-Karte einerseits dem erweiterten Powerlimit, das den Takt auch in anspruchsvollen Szenen stabilisiert, und andererseits dem starken Kühler Twin Frozr VI. Das Dual-Slot-Design hält den GP104-Chip ohne Anstrengung auf höchstens 74 °C. Die maximale Lautheit von 2,3 Sone ist der Beweis; der Founders-Edition-Kühler rauscht trotz geringerer Leistung mit bis zu 3,2 Sone (und die Titan X mit 4,9 Sone). Angenehm: Im Leerlauf legt die Gaming X ihre Lüfter still, sodass sie keinen Mucks von sich gibt. Wer möchte, investiert das Potenzial in eine manuelle Übertaktung: Runde 2.000 MHz Kern- und 5.500 MHz Speichertakt sind im Falle unseres Muster kein Problem und die Titan X somit in Schlagdistanz – 500 Euro gespart!

Alles an Bord: Zum Anschluss des Bildschirms stehen sowohl DVI-D (1×) als auch HDMI 2.0 (1×) sowie Displayport 1.4 (2×) zur Verfügung. Der Stromdurst wird über zwei Stecker vom Netzteil gestillt.

Der Core i7-6800K bietet 6 Kerne und kann dank SMT 12 Threads parallel abarbeiten – ideal zum Rendern von Videos und sehr schnell beim Spielen.

Prozessor

Mit einem Core i7-6800K wird jedes Spiel zum Kinderspiel – zumindest für Ihren Computer.

Seit diesem Sommer ist Broadwell-E im Handel. Dahinter verbirgt sich Intels neueste Enthusiasten-Plattform auf Basis des X99-Unterbaus. Broadwell-E tritt die Nachfolge von Haswell-E an, welcher vor allem in Form des Core i7-5820K für Furore sorgte. Dieser Sechskern-Prozessor erfreute sich lange großer Beliebtheit und bekommt nun in Form des i7-6800K einen Erben mit höherer Pro-MHz-Leistung, einem um 200 MHz erhöhten Basistakt sowie moderner 14-Nanometer-Fertigung, welche ihn sparsamer als seinen Vorgänger macht. Der Basistakt des rund 440 Euro teuren Core i7-6800K beträgt 3,5 GHz – wie beim i7-5930K, welchen er dank des Pro-MHz-Sprungs effizient überholt. Während die sechs zur Verfügung stehenden Prozessorkerne beim Rendern von Videos und (Ent-)Packen von großen Datenmengen immer Gold wert sind, ziehen endlich auch die PC-Spiele breitflächig Nutzen aus mehr als vier Cores. Da wären Battlefield 1 und sein Verwandter Star Wars Battlefront mit der potenten Frostbite-Engine, The Witcher 3, Assassin's Creed Syndicate und einige weitere. Erwarten Sie kein Performance-Plus von 50 Prozent gegenüber einem Vierkerner, davon sind wir noch weit entfernt, aber prozentual zweistellige Gewinne sind möglich. Falls Sie etwas Geld sparen möchten und tatsächlich nur spielen, ist ein i7-6700K mit vier Kernen und höherem Takt eine Alternative. Für die Zukunft ist jedoch davon auszugehen, dass die Schere zwischen Vier- und Sechskern-Prozessoren immer weiter aufgeht, sodass wir mit Blick nach vorn und auch in Sachen Wiederverkaufswert klar zu Haswell-E raten.

Mainboard

Ein moderner Sechskernprozessor benötigt selbstverständlich einen adäquaten Unterbau. MSIs X99A Gaming Pro Carbon erfüllt diese Aufgabe mit Bravour, das High-End-Mainboard mit Intels X99-PCH punktet mit gut umgesetzten Standards und Bonusfunktionen wie einer Statusanzeige.

Intelligenter M.2, shared U.2

1

MSIs flexible M.2-Anbindung erlaubt die Nutzung aller Grafikslots, wenn der SSD die Anbindung über PCI-E 2.0 ×2 reicht. Weniger nützlich ist der U.2-Port, gedacht zur Anbindung von 2,5-Zoll-SSDs mit PCI-E-3.0×4. Diese Lanes stammen aber vom M.2-Slot; eine simple M.2-U.2-Adapterkarte hätte es auch getan.

Fein verteilte RGB-LEDs

2

Beim X99A Gaming Pro Carbon werden nicht nur linker Mainboard-Rand, PCH-Bereich und die Verkleidung über dem I/O-Bereich beleuchtet, auch der Spannungswandlerkühler trägt einen LED-Aufsatz. Das Verbindungskabel zur I/O-Verkleidung verhindert aber die Demontage Letzterer.

Enges Layout für Dual-Slot-Grafikkarten

3

Ein kleiner Wermutstropfen ist das PCI-Express-Layout: Der primäre und sekundäre PCI-E-Steckplatz (PEG) haben nur einen Slot Abstand zueinander. Bereits Dual-Slot-Grafikkarten verdecken ×1-Slots, doch aufgrund von Lane-Verteilung und Sharing ist ein Ausweichen auf die unteren beiden PEGs unattraktiv. Wer nur eine Grafikkarte verwendet oder kein ×1 benötigt, kann dieses Manko ausblenden.

Netzteil

Mit einem Platin-Netzteil steht effizientem Standardbetrieb nichts im Wege. Das LC-Power-Gerät bietet außerdem reichlich Reserve für starkes Overclocking und/oder eine zweite Grafikkarte.

Während die Wahl des Netzteils für viele Leute eine breit diskutierte Glaubensfrage darstellt, setzen wir auf 1.200 Watt inklusive Platin-Plakette.

Das Netzteil ist eine sehr wichtige Komponente: Spart man zu sehr an diesem Spannungswandler, steigt das Risiko, dass die teure Hardware durch eine defekte Stromversorgung beschädigt wird. Hinzu kommt, dass günstige Netzteile oft laut arbeiten. Beim Netzteil als langlebige Komponente lohnt es sich also, etwas tiefer in die Tasche zu greifen. Wir machen für den High-End-PC sprichwörtlich Nägel mit Köpfen und installieren ein 1.200-Watt-Netzteil aus dem Hause LC-Power, das mit dem Gütesiegel 80 Plus Platinum ausgezeichnet wurde. Der Hersteller gibt dementsprechend einen hohen Wirkungsgrad von 92 Prozent an. Für Sie bedeutet das: Beim Umwandeln des Steckdosenstroms wird der allergrößte Teil zur Energie für Ihren PC und nur ein kleiner Teil als Verlustleistung in Wärme umgewandelt. Das LC1200 V2.4 genügt dank seiner 1,2 Kilowatt Spitzenleistung selbst für Systeme mit mehreren Grafikkarten und zahlreichen Laufwerken. Das heißt, selbst wenn Sie eine zweite (oder dritte!) Geforce GTX 1080 einsetzen und diese zusammen mit der CPU kräftig übertakten, wird die Energieversorgung standhalten. Dank der vollmodularen Bauweise lassen sich auch spartanisch bestückte Rechner ohne Kabelsalat mit Strom versorgen: Stränge, die nicht benötigt werden, wandern zurück in den Karton. Trotz der hohen Leistung und Effizienz kostete das LC1200 V2.4 bei Redaktionsschluss moderate 190 Euro. Der Hersteller gewährt auf das Gerät eine fünfjährige Garantie.

Prozessorkühler

Der Name Olymp, Heimatberg antiker griechischer Götter, steht beim Hersteller Alpenföhn für einen besonders hochwertigen Kühler.

Die gute Verarbeitung und der hohe Anspruch werden durch die aufwendig geformten und in der obersten Lage spiegelnd vernickelten Lamellen und Heatpipes des Olymp deutlich. Dank der großen Lamellentiefe erreicht das 2×140-mm-Design auch quantitativ Bestwerte. Löblich: Mit den sogenannten „Shock Killer Poles" legt EKL dem schweren Kühler ein System bei, das ihn bei Kippbewegungen gegenüber dem Mainboard abstützt.

In Sachen Kühlung sorgen teilweise schräg stehende Lamellen für die Extraportion Leistung. Der Winkel zwischen Lamellenoberfläche und Luftstrom sorgt für Verwirbelung und damit eine dünnere Grenzschicht. Auch dank des sinnvoll gewählten Drehzahlspektrums überzeugt der Olymp vom gehobenen Leistungs- bis in den Ultra-Silent-Bereich. EKLs Wing-Boost-Lüfter sind eher für ihre geringe Geräuschentwicklung als für ihren hohen statischen Druck bekannt. Mit 48,7/50,9/55,1 °C bei 100/75/50 Prozent Drehzahl gemäß PCGH-Testsystem erreicht der Olymp mit die besten Werte unter den Doppltürmkühlern. Der Alpenföhn Olymp ist seinen Kaufpreis von derzeit rund 60 Euro somit zweifellos wert. Allerdings sollten Sie vor dem Kauf den großen Platzbedarf bedenken und im Zweifel den Spielraum (Stichwort: RAM-Höhe) nachmessen.

Drei Lüfter und zwei Kühltürme: Alpenföhns Olymp verdient seinen Ehrfurcht gebietenden Namen auch optisch.

Alternative: Wasserkühler

Falls „High-End" bei Ihnen synonym für Wasserkühlung steht, haben wir eine kompakte Alternative für Sie: Alphacools Eisbaer 240.

Große Luftkühler stellen so manche Zusammenstellung auf eine harte Platz-Probe (siehe links). Eine Wasserkühlung erfordert einen nochmals deutlich größeren logistischen Aufwand. Die Lösung hört auf den Namen Kompaktwasserkühlung – eine sehr gute stellen wir Ihnen in Form der Alphacool Eisbaer 240 vor.

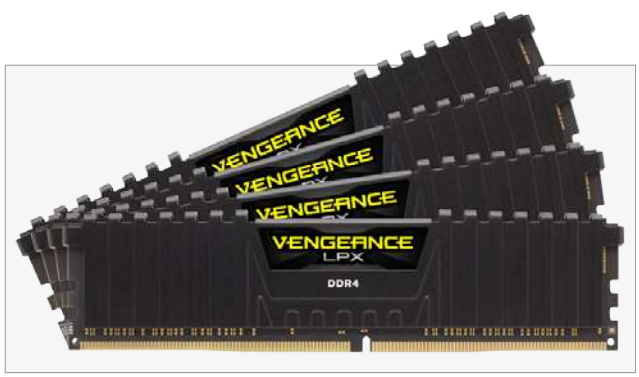
Die Eisbaer 240 (2×120-mm-Radiator) verfügt über eine Schnelltrennkupplung zwischen Pumpe und Radiator, welche die Integration zusätzlicher Komponenten in den Kreislauf ohne Entleerung und erneute Füllung erlaubt. Damit können auch Anwender ihre Grafikkarte mit Wasser kühlen, die sich den Anschluss neuer Kühler mit konventionellen Schlauchverbindungen nicht zutrauen. Alphacool nutzt Kupplungen aus eigener Produktion, die aber ebenfalls einzeln erhältlich sind. Ebenfalls positiv ist die Pumpe mit ihrem großen, laufruhigen Lager und niedriger Drehzahl: Selbst wenn wir die Pumpe mit den minimal zulässigen 7 V betreiben, steigt die CPU-Temperatur im Mittel um gerade einmal 0,6 Kelvin an. Derart gedrosselt vollbringt die Eisbaer das Kunststück, das noch keiner anderen Kompaktwasserkühlung im PCGH-Test gelungen ist: Selbst montiert auf ein (nicht repräsentatives) Referenz-Mainboard bleibt die Pumpenlautheit bei 0,1 Sone. Bei 12 V sind es immerhin noch gute 0,4 Sone mit Mainboard-Resonanz und 0,1 Sone im frei stehenden, entkoppelten Aufbau. Ebenfalls silenttauglich ist der Radiator. So setzt die Eisbaer 240 einen neuen Temperaturbestwert mit auf unter 800 U/min gedrosselten Be quiet Silent Wings – kein Wunder, kommt doch ein Nexxxos ST30 240 aus der Retailproduktion zum Einsatz. Eher durchschnittlich ist die Leistung bei höheren Drehzahlen und mit Standardlüftern.

Alphacool Eisbaer: Zwar fehlen die weiße Farbe und ein Fell, dafür sorgt die Kompaktwakü selbst für frostige CPU-Temperaturen.

Arbeitsspeicher (RAM)

16 GiByte gehören in jeden modernen Spiele-PC. Für die High-End-Konfiguration raten wir sogar zu 32 GiByte, z. B. in Form des Corsair-Vengeance-Kits.

Während man mit 8 GiByte noch gut über die Runden kommt, schwören anspruchsvolle Nutzer längst auf 16 GiByte Hauptspeicher, um Nachladeruckeln oder einen Speicherüberlauf bei längerem Spielen zu vermeiden. PCGH-Tests in Battlefield 4, Deus Ex: Mankind Divided und weiteren speicherhungrigen Spielen haben ergeben, dass die Frametimes (Ausgabezeit einzelner Bilder beim Spielen) mit 32 GiByte noch etwas regelmäßiger – sprich: flüssiger – werden als mit 16 GiByte. Passend zum Core i7-6800K empfehlen wir ein Quad-Quannel-Speicherkit wie das Corsair Vengeance LPX mit der Bezeichnung CMK32GX4M4C3000C15, denn erst mit vier Speicherriegeln kann die X99-Plattform ihre volle Leistung ausspielen. Wie beim Mittelklasserechner ist DDR4-3000 empfehlenswert, da der Aufpreis gegenüber langsameren Riegeln gering ausfällt.



Wer ein X99-Mainboard nebst Broadwell-E-CPU betreibt, benötigt für optimale Leistung ein Quad-Channel-Speicherkit. 32 (4 × 8) GiByte dürfen's schon sein.

Gehäuse

Be Quiet bietet mit dem Dark Base 900 Pro eine Mischung aus Midi- und Big-Tower, die überdurchschnittlich gut ausgestattet ist. Vor allem das Platzangebot weiß zu gefallen, bietet es doch unter anderem die Möglichkeit, einen 420-Millimeter-Radiator einzubauen.

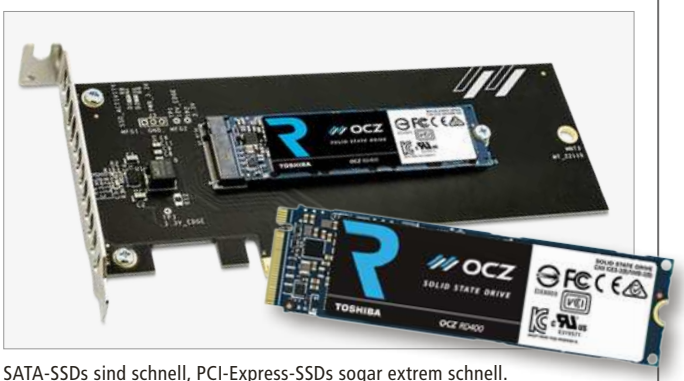
Das Dark Base 900 Pro bietet einen speziellen Mainboard-Schlitten, der zu den Platinenformaten ITX, Micro ATX, ATX und XL ATX kompatibel ist. Er kann, wie es sich für ein Gehäuse der 200-Euro-Klasse gehört, komplett ausgebaut und außerhalb des Gehäuses mit Hardware bestückt werden. Damit eignet er sich sogar als Benchtable, auf den der Nutzer nach Bedarf sein System vorinstallieren und testen kann, bevor er es final in das Dark Base 900 einbaut. Der eigentliche Clou allerdings ist die Tatsache, dass nicht nur die Höhe und Tiefe der Platinen-Halterung im Dark Base 900 Pro veränderbar ist, die Konstruktion kann darüber hinaus auch unabhängig von der Netzteilposition invertiert werden, sodass sich der Hecklüfter und das I/O-Panel wahlweise am Gehäuseboden oder Deckel befinden.

Die Flexibilität des Nutzers wird auch beim Einbau von Wasserkühlungen ganz groß geschrieben. Im Dark Base 900, dessen Bleche über 0,8 Millimeter Wandstärke verfügen, lassen sich Wasserkühlungs-Radiatoren an jeglichen Positionen flexibel montieren. Montage-Möglichkeiten für die Pumpe und das Reservoir sind ebenfalls vorgesehen und liegen als optionales Zubehör mit im Karton. Je nachdem, wie der WaKü-Fan seine Hardware (Laufwerke/Standardlüfter/Netzteil) eingebaut hat, passen ein 240-/280-/360-/420-mm-Radiator an die Vorderseite sowie ein 120/140 mm großer Wärmetauscher an die Rückseite. Der Deckel nimmt ebenfalls Radiatoren mit 120/140/240/280/360/420 mm Größe auf, mit der einen Einschränkung, dass diese eine Höhe von 65 mm Höhe nicht überschreiten dürfen. Auch hier sollten für Wasserkühlungsfreunde eigentlich keine Wünsche offen bleiben. Das mit einer Gummi-Entkopplung versehene und 4 mm dicke Fenster aus gehärtetem Glas ist nicht das einzige Extra, das der Käufer der 250 Euro teuren Pro-Version des Dark Base 900 erhält. An der Lüftersteuerungsplatine des Dark Base 900 Pro stehen insgesamt je vier Anschlüsse für 4-PWM- sowie 3-Pin-Lüfter bereit. Des Weiteren findet man auf der Platine des Dark Base 900 Pro einen Anschluss für die zwei LED-Streifen mit RGB-Beleuchtung sowie eine Verbindung zum Qi-Ladegerät (Wireless Charging) am vorderen Teil des Deckels.

PCI-Express-SSD

Einst hießen die wieselflinken PCI-Express-SSDs aus dem Hause OCZ Revodrive, das neueste Modell hört hingegen auf den Namen RD400.

Die volle Bezeichnung des Produktes lautet „Toshiba OCZ RD400", denn nach der Übernahme von OCZ durch Toshiba fungiert der Name OCZ als Marke für Retail-SSDs. Die RD400 ist mit den vier Kapazitäten 128, 256, 512 und 1.024 GB erhältlich – wir haben die 512er-Version getestet – und unterstützt das speziell für SSDs entwickelte NVM-E-Protokoll. Das Laufwerk kopiert im Test 10 GiB Daten (50.000 Dateien) in unter 45 Sekunden und punktet darüber hinaus mit einer sehr guten Langzeitleistung. Die SSD schreibt Daten laut AS-SSD mit bis zu 950 MB/s, gelesen werden sie mit bis zu 2 GB/s. Dabei scheint die RD400 komprimierbare Daten etwas zu bevorzugen, da bei solchen die Schreibgesschwindigkeit etwas höher ist Einzig die Zugriffszeit ist verbesserungsfähig.



SATA-SSDs sind schnell, PCI-Express-SSDs sogar extrem schnell. Die RD400 aus dem Hause Toshiba/OCZ bietet 512 GByte.

Festplatte (HDD)

Seagate Archive HDD 8 TB (ST8000NM0064): Eine riesige Ablage für die komplette Spiele-, Musik-, Film- und Datensammlung.

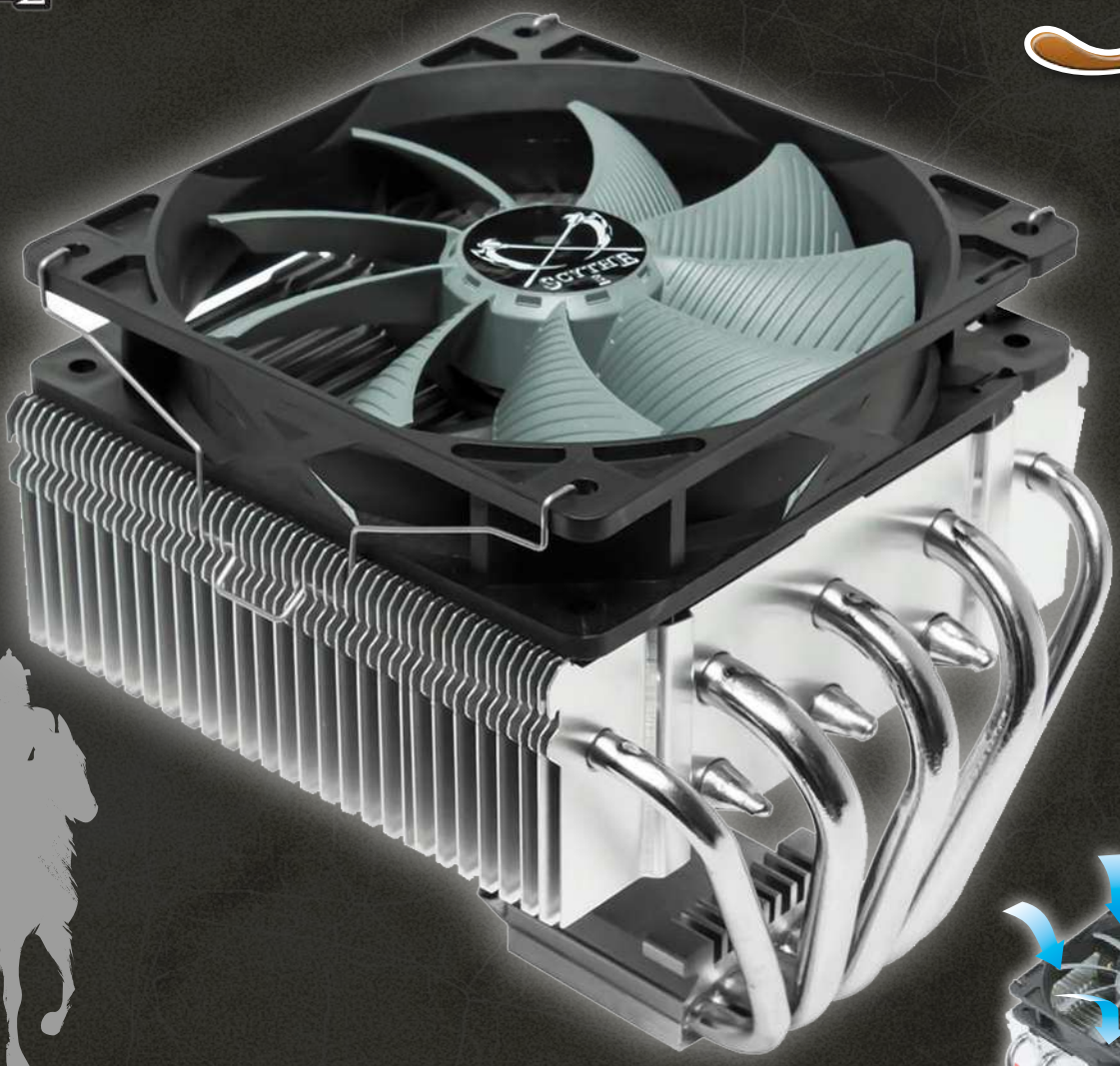
Das Für und Wider einer altehrwürdigen Festplatte haben wir bereits beim Mittelklasse-PC erläutert. An dieser Stelle sei hervorgehoben, dass Seagates Archive HDD gigantische 8 Terabyte Kapazität bietet und dennoch nur 230 Euro kostet. Dieses günstige Verhältnis bezahlt der Kunde an anderer Stelle: Gemessen an vielen anderen HDD-Laufwerken arbeitet die Seagate Archive HDD relativ gemächlich, auch wenn die sequenziellen Übertragungsraten mit jeweils rund 140 MByte/s etwas anderes versprechen. Denn in den Kopiertests lässt sich die Seagate Archive HDD ungewöhnlich viel Zeit. Dies dürfte unter anderem an der SMR-Technologie liegen. Prinzipbedingt ist die Schreibgeschwindigkeit auch vom Füllstand abhängig, da mit vollem Laufwerk die Wahrscheinlichkeit steigt, dass weitere Spuren neu geschrieben werden müssen. Das sorgt für hohe Antwortlatenzen, die im Zusammenspiel mit RAID-Controllern für Probleme sorgen könnten. Für den angedachten Zweck als Archivlaufwerk außerhalb von RAIDs stellen die genannten Nachteile aber kein Problem dar.

Optionales Datengrab: Seagates Archive HDD bietet satte 8 TByte Speicherplatz. Wer möchte, kauft für das Geld eine 512-GByte-SSD.

SCYTHE

SCKBT-3000

KABUTO 3



Hybrid-Heatpipesystem bestehend aus zwei 6mm und drei 8mm Heatpipes

Top-Flow-Design erlaubt zusätzlich die Kühlung der umliegenden Mainboardkomponenten

Hervorragende Kompatibilität zu hohen Speicherriegeln oder Spannungswandlern

Für mehr Informationen besuchen Sie www.scythe-eu.com.

Jetzt aber Ruhe!

Der eine achtet aufs Geld, der andere auf Leistung, ein Dritter wünscht sich einen guten Kompromiss aus diesen beiden Eigenschaften. Es gibt aber auch welche, die ihren PC am liebsten nicht hören.

Im Gespräch mit diversen Herstellern stellt sich immer wieder heraus, dass der deutsche Markt ein besonderer ist: Wie kaum eine andere Nation legt man hierzulande besonderen Wert darauf, dass der PC nicht nur leistungsfähig, sondern auch leise ist. Es ist also nur angebracht, dass wir in diesem Sonderheft auch einen Vorschlag für ein Silent-System präsentieren.

Leise = langsam?

Silent-Systeme stehen gemeinhin im Ruf, eher langsam zu sein. Dass das nicht so sein muss – und das trotz Verzichts auf aufwendige Kühlsysteme in Form einer modularen Wasserkühlung – zeigt unsere Beispielzusammenstellung. Die Basis für unser System stellt ein Core i7-6700T dar. Dieser bietet im Vergleich zu einem 6700K eine um fast zwei Drittel respektive 60 Watt reduzierte Verlustleistung. Damit lässt sich das Temperaturpolster unter Beibehaltung des Kühlers deutlich ausweiten, was sich mit niedrigen Drehzahlen in ein leiseres Betriebsgeräusch ummünzen lässt. Für die Kühlung empfehlen wir einen leisen Alpenföhn Brocken 2 von EKL, der mit maximal 0,8 Sone Lautheit arbeitet, durch die sparsame CPU aber noch mal an Silent-Potenzial gewinnt.

Unhörbare High-End-Grafik

In die gleiche Kerbe schlägt auch die Grafikkarte: Durch die Verwendung des Pascal-Chips GP104, der dank 14-nm-Fertigungstechnik ohnehin wesentlich sparsamer als vorherige Generationen ist, profitiert die Gainward Geforce GTX 1070 GLH auch dadurch, dass sie den unverändert leistungsfähigen Kühler der Geforce GTX 1080 des gleichen Herstellers erbt.

Dieser ist für den kleineren und sparsamen Chip eigentlich stark überdimensioniert, sodass er nicht mit voller Leistung arbeiten muss, um die Grafikkarte auf einer niedrigen Temperatur zu halten. Der Hersteller begrenzt die Lüfter deswegen auf einer niedrigen Drehzahl, sodass die Geforce 1070 GLH mit maximal 0,8 Sone arbeitet und im geschlossenen Gehäuse damit faktisch unhörbar wird. Nichtsdestotrotz ist die Geforce GTX 1070 GLH deutlich übertaktet und damit schneller als eine Geforce 1070 Founders Edition von Nvidia.

An anderer Stelle bieten wir der Hardware gar nicht erst die Gelegenheit, für Betriebsgeräusche zu sorgen: Das hocheffiziente Netzteil von Seasonic kommt ohne Ventilator aus und arbeitet somit unabhängig vom Lastzustand völlig lautlos.

Zudem verzichten wir auf mechanische Festplatten und setzen stattdessen nur auf eine 1-TB-SSD. Viele Silent-Systeme arbeiten nämlich derart leise, dass sich eine bislang unhörbare Festplatte zum störenden akustischen Nervtöter entwickelt. Die ganze Hardware verbauen wir in einem Thermaltake Suppressor F51, das durch seine Dämmung die verbleibenden Schallerzeuger dämpft und durch sein großes Volumen das Aufheizen und damit das Hochdrehen der Lüfter verhindert.

Grafikkarte

Rein passive Kühlung und High-End-Grafikleistung lassen sich nicht kombinieren. Wir setzen daher auf eine wuchtig und leise gekühlte Geforce GTX 1070.

Wer im High-End-Segment auf der Suche nach einem vertretbaren Preis-Leistungs-Verhältnis ist, kommt kaum an Nvidias Geforce GTX 1070 vorbei. Die auf der effizienten Pascal-Architektur basierende Grafikkarte ist ab rund 400 Euro erhältlich und liefert die Performance des 2015er Topmodells Geforce GTX Titan X bei höchstens 150 Watt Leistungsaufnahme. Der Referenzkühler rauscht unter Dauerlast jedoch klar hörbar. Die Geforce GTX 1070 Phoenix GLH aus dem Hause Gainward erschlägt das Hitzeproblem mithilfe eines großen Kühlers: Das Triple-Slot-Design ist 5,2 Zentimeter breit – gewöhnliche Dual-Slot-Kühler bringen es lediglich auf 3,5 Zentimeter. Falls Sie eine Erweiterungskarte unterhalb der Grafikkarte installieren möchten, wird das nicht funktionieren, die Phoenix benötigt Luft zum Atmen. Bekommt sie die, dankt sie es Ihnen mit einer ungeschlagenen Mischung aus Leistung und Lautheit: Obwohl der Hersteller seinem Topmodell „Goes Like Hell" (GLH) einen Mindesttakt von 1.671 MHz auf den Weg gibt und die Karte beim Spielen auf mindestens 1.900 MHz boostet, erzeugt der Kühler eine maximale Lautheit von 0,7 Sone. Das ist nur schwer aus einem geschlossenen, gedämmten Gehäuse, wie wir es empfehlen, herauszuhören. Im Leerlauf stehen die beiden Axiallüfter indessen still. Somit verdient sich die Gainward GTX 1070 Phoenix GLH unsere Silent-Empfehlung. Wer etwas Geld sparen möchte, greift zur „GS"-Version mit etwas geringerem Takt.

Dank des voluminösen Triple-Slot-Kühlers müssen die beiden Lüfter der Gainward GTX 1070 Phoenix GLH nur langsam drehen, sodass sie stets flüsterleise bleibt.

Prozessor

Eine sparsame CPU macht es leichter, einen leisen PC zu bauen. Deshalb empfehlen wir einen Intel Core i7 mir reduzierter TDP.

Für ein leise gekühltes System ist es vorteilhaft, möglichst wenig Verlustleistung im System zu verteilen, denn diese wird ausschließlich in Wärme umgesetzt. Neben der vergleichsweise sparsamen Pascal-GPU oben bietet auch der Prozessor thermisches Sparpotenzial, weshalb wir statt eines 91-Watt-i7 einen solchen mit nur 35 Watt empfehlen.

Der Core i7-6700T taktet mit 2,8 bis 3,6 GHz deutlich langsamer als seine großen Brüder mit K- und fehlendem Suffix. Er behält jedoch seine SMT-Fähigkeit und kann bis zu acht Threads gleichzeitig bearbeiten. Für die meisten Spiele ist die gebotene Leistung voll ausreichend. Da der Prozessor sich in einen normalen Sockel mit 1151 Pins schmiegt, muss auch keine Spezial-Hardware für den Betrieb des sparsamen Chips bemüht werden. Hier reicht ein Mainboard mit H170-Chipsatz, ebenso, wenn Sie zum i7-6700 greifen. Falls Sie sich aber doch für den 6700k entscheiden, sollten Sie jedoch ein Mainboard mit Z170 wählen. Nur so können Sie den freien Multiplikator des Prozessors zum Übertakten nutzen, wobei die leise Kühlung des Systems deutlich schwerer wird. Zu haben ist der i7-6700T für knapp 300 Euro.

Mit einer TDP von 35 Watt sinkt die Abwärme im Vergleich zum i7-6700K auf knapp ein Drittel.

Prozessorkühler

Ein Silent-PC braucht einen leisen Prozessorkühler. Der EKL Alpenföhn erledigt diese Aufgabe vorbildlich.

Der Alpenföhn Brocken 2 ist schon seit langer Zeit eine unserer Preis-Leistungs-Empfehlungen: Für etwa 35 bis 40 Euro erhalten Sie einen Kühler, der selbst starke Prozessoren auf Temperatur hält und dabei sehr leise bleibt: Selbst bei maximaler Drehzahl gibt der Brocken 2 maximal 0,8 Sone von sich. Da wir mit dem Core i7-6700T aber eine CPU verwenden, die deutlich unter der TDP derzeit gängiger Intel-Prozessoren liegt, ist die volle Drehzahl eigentlich nie notwendig, sodass der Lüfter nochmals leiser rotieren kann.

Bei nur 0,8 Sone Maximallautstärke und einem Preis von nur 40 Euro ist der Brocken die Idealbesetzung für dieses System.

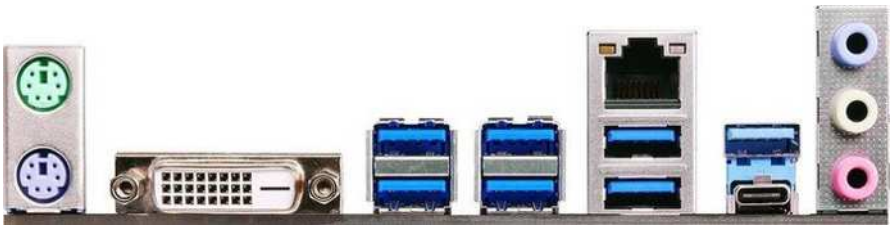
Mainboard

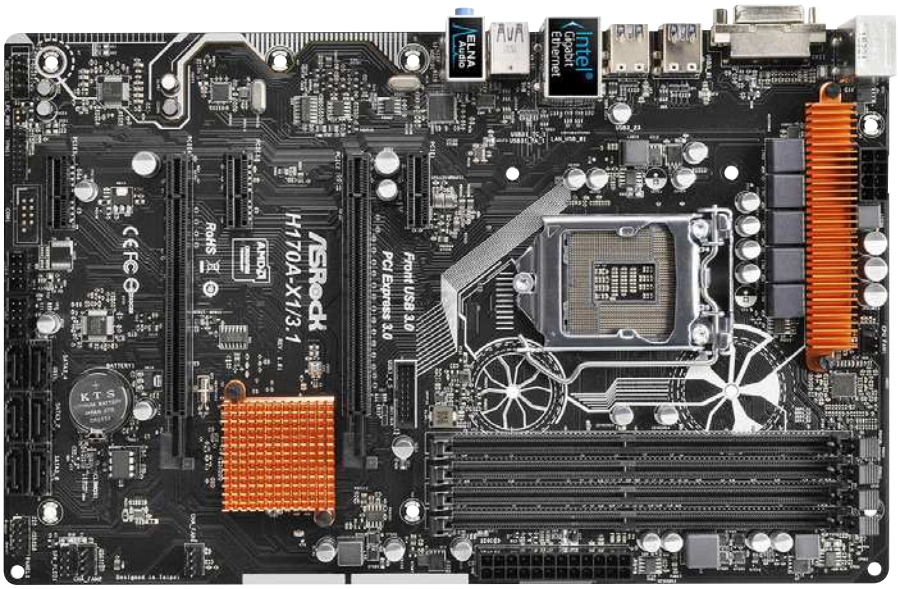
Je nach Prozessor, den Sie wählen, wird eine andere Hauptplatine notwendig. Unser Vorschlag passt perfekt zum i7-6700T.

Als Basis für unser Silent-System empfehlen wird eine günstige Plattform mit H170-Bestückung in Form des Asrock H170A-X1/3.1. Diese bietet für etwa 85 Euro eine ähnliche Ausstattung wie Platinen mit Z170-Chipsatz, ist jedoch deutlich günstiger. Im Gegenzug verzichten Sie jedoch auf alle Übertaktungsfunktionen. Mit dem i7-6700T ist die Jagd nach Hertz-Rekorden ohnehin nicht möglich, da er nur per BCLK-Takterhöhung um wenige MHz übertaktet werden kann.

Ansonsten kann das H170A-X1/3.1 mit einer anständigen Ausstattung glänzen. Es bietet sechs USB-3.0-Anschlüsse und kann zusätzlich mit zwei weiteren USB-3.1-Ports, einer davon im neuen, verdrehsicheren Typ-C-Format, aufwarten. Neben zwei mechanischen PCI-Express-3.0-×16-Slot (nicht mechanisch) gibt es auch drei kürzere, die dem Betrieb von Sound- oder Netzwerkkarten dienen können. Sechs SATA-Ports bieten ausreichend Anschlussmöglichkeiten für Laufwerke.

Theoretisch lässt sich in der Platine auch ein Skylake-K-Modell betreiben. Falls Sie sich aber für eine der übertaktbaren, aber auch stromdurstigeren CPU-Alternativen entscheiden, sollten Sie unbedingt zu einem Mainboard mit Z170-Chipsatz greifen, weil Sie sonst den größten Vorteil dieser CPUs nicht ausspielen können.





Das Asrock H170-X1/3.1 nutzt zwar das ATX-Format, ist aber etwas weniger breit als die meisten anderen Mainboards mit diesem Formfaktor. Die Ausstattung ist in den meisten Bereichen auf Augenhöhe zur Konkurrenz, beim Thema USB sticht das H170-X1/3.1 durch USB 3.1 inklusive passendem Anschluss jedoch hervor.

Netzteil

Strom ist still, doch erzeugt er Wärme – wie gut, dass es passiv gekühlte Netzteile wie das exzellente Seasonic Platinum Fanless gibt.

Das Seasonic Platinum Fanless 520 Watt (Modellnummer SS-520FL2) ist ein alter Bekannter. Hohe Effizienz und vollständig lüfterloser Betrieb sind nicht nur zeitgemäß, sondern in der Leistungsklasse von 500 bis 600 Watt keineswegs die Regel. Die für den passiven Betrieb notwendige, hochqualitative Elektronik mit langlebigen Kondensatoren auf der Sekundärseite und üppiger Kühlkörper-Bestückung auf der gesamten Platine ist nicht einfach zu realisieren und führt daher zu einen recht hohen Preis. Dafür sorgt die hohe Effizienz des 80-Plus-Platinum-zertifizierten Stromspenders im Gegenzug dafür, dass es kaum Verlustleistung gibt, die sich als Wärme im System negativ bemerkbar machen kann.

Der Obolus für das vorgeschlagene Modell mit 520 Watt liegt bei etwa 150 Euro. Da ein solches Netzteil in der Regel jedoch sehr langlebig ist, sollten Sie diesen Aufpreis in Kauf nehmen, da die kleinste Variante (400 Watt) mit 110 Euro nicht wirklich günstiger und die mittlere (460 Watt) auf dem freien Markt sogar teurer als unsere 520-Watt-Empfehlung ist.

Eine hohe Effizienz lässt nur wenig Raum für Abwärme. Da das Seasonic Platinum zudem lüfterlos arbeitet, ist es ideal für den Silent-PC.

SSD

In einem Silent-PC sollten Sie auf eine rödelnde Festplatte verzichten und nur eine SSD einbauen.

SSDs sind nicht nur schnell, der Wegfall sämtlicher mechanischer Teile hat auch den Vorteil, dass sie geräuschlos arbeiten. Um diesen Vorteil für das Silent-System zu erhalten, sollten Sie auf eine Festplatte verzichten und stattdessen eine große SSD einbauen. Wir empfehlen eine SSD 850 Evo von Samsung mit einem Terabyte Fassungsvermögen. Das knapp 300 Euro teure Laufwerk ist fast so schnell wie die teurere Pro und bietet fünf Jahre Garantie. Backup und Archiv lagern Sie am besten in ein NAS oder auf eine externe Festplatte aus.

Die SSD 850 Evo ist ein gutes Mittelklasse-Laufwerk mit High-End-Leistung. Wenn es nicht so schnell sein muss, kommen auch günstigere SSDs in Frage.

Tastatur

Als silent-verwöhnter Anwender will man nicht das lautstarke Klackern einer mechanischen Tastatur ertragen. Wir haben eine Alternative.

Im Schatten der mechanischen Tastaturen kommen die ebenso gut funktionierenden Alternativen gar nicht zum Zug. Deshalb empfehlen wir hier mit der Cherry Strait eine Chiclet-Tastatur, auf der es sich besonders flott, gleichzeitig aber auch im Vergleich zu einer mechanischen Tastatur sehr leise schreiben lässt. Die Tastatur zeichnet sich durch ein sehr elegantes Design aus und verzichtet auf fast jeden Schickschnack. Das macht das Tastenbrett auch sehr günstig: Die Cherry Strait ist nur 30 Euro im PCGH-Preisvergleich gelistet.

Die Cherry Strait ist eine edel wirkende Tastatur, die Sie vor lautem Klappern mechanischer Eingabegeräte verschont.

Gehäuse

Wer auf Ruhe großen Wert legt, benötigt neben leiser Hardware auch ein gedämmtes Gehäuse. Wir wählen das Thermaltake Suppressor F51.

Der Midi-Tower Suppressor F51 aus dem Hause Thermaltake ist werkseitig schallgedämmt und kann wahlweise mit oder ohne Sichtfenster erstanden werden – wir wählen die minimal günstigere Variante mit einer klassischen Seitenwand. In allen Fällen sind die Seitenteile und die Front gedämmt, um die Geräusche der zu kühlenden Hardware bestmöglich zu verschlucken. Die Dämmmatten an der Oberseite lassen sich bei Bedarf entfernen, um Platz für weitere Kühloptionen, beispielsweise Lüfter, zu schaffen. Dazu kommen weitere Schmankerl wie die vierstufige Lüftersteuerung oder Ausgänge für die Schläuche einer Wasserkühlung. Der Preis des gut ausgestatteten Gehäuses liegt, je nach Version, bei rund 120 Euro.

Ob mit oder ohne Window, das Suppressor F51 ist dank werkseitiger Schalldämmung gut für Silent-Rechner geeignet.

Lüfter

Soll das Gehäuse um weitere Lüfter bestückt werden, geht nichts über den Klassiker Silent Wings 2

Die Silent Wings 2 von Be Quiet sind bereits lange auf dem Markt und die Standardempfehlung, wenn es um einen leisen Lüfter geht. Sie überzeugen durch ihre Laufruhe und bieten ein sehr gutes Lager, sodass es auch auf niedrigen Drehzahlen kaum zu hören sind. Viel Zubehör und ein gummierter Rahmen ergänzen das gute Bild. Weniger gut sind sie jedoch für eine Wasserkühlung geeignet: Der Rahmen sorgt dafür, dass viel Luft entweicht, ohne den Radiator zu durchströmen.

Mini-Gaming-PC

Ein leistungsstarker Spiele-PC muss nicht zwingend in einem Gehäuse im Midi- oder Big-Tower-Format stecken. Unser Bauvorschlag zeigt einen kompakten, aber dennoch extrem schnellen Rechner.

Immer im Arbeitszimmer am Rechner zu spielen, wird auf die Dauer langweilig oder gar nervig. Kein Wunder also, dass es auch PC-Spieler immer öfter ins Wohnzimmer zieht. Doch wer will neben dem Fernseher schon ein klobiges Big-Tower-Gehäuse stehen haben? Wohl kaum jemand.

Klein und schick

In den vergangenen Jahren haben immer mehr Hersteller erkannt, dass der Trend zum Wohnzimmer-Gaming geht. Dort soll natürlich dann ein möglichst kompakter, aber dennoch leistungsstarker PC stehen. Daher finden sich immer mehr passende Produkte auf dem Markt. Auf den kommenden drei Seiten stellen wir Ihnen einige spannende Komponenten vor, die Sie für Ihren ganz persönlichen Spiele-Mini in die engere Wahl ziehen sollten. Auf das Preisschild haben wir bei diesem Projekt weniger geachtet. Uns ging es vor allem darum, einen Rechner zu bauen, der sowohl optisch ansprechend als auch für alle Spiele brauchbar ist, selbst mit hohen Auflösungen und Kantenglättung.

Couch-Gaming: Das Wohnzimmer wird zum Spielplatz

Wer an seinem Spiele-Mini in der guten Stube zocken möchte, benötigt die passenden Eingabegeräte. Da sich Maus und Tastatur auf dem niedrigen Wohnzimmertisch nur schlecht nutzen lassen und ein Gamepad beide Geräte nicht vollständig ersetzen kann, haben sich die Hersteller auch hier Gedanken gemacht. Das Ergebnis ist die sogenannte Couch-Gaming-Peripherie deren aktueller Primus das hier vorgestellte Roccat Sova ist.

Übertaktbar

Als Basis für unseren Mini-Gaming-Rechner dient ein Motherboard aus dem Hause Asus, welches im Mini-ITX-Format daherkommt. Weitere Informationen dazu lesen Sie auf den folgenden Seiten. Das Besondere: Trotz der geringen Maße unterstützt das Mainboard auch K-CPUs der Skylake-Generation problemlos. Das bedeutet wiederum, dass sich unser Rechenzwerg bei Bedarf sogar kräftig übertakten lässt.

Geballte Leistung

Pfeilschnelle Grafikkarten müssen keine 30 Zentimeter langen Monster mehr sein, das hat insbesondere AMD mit der Radeon R9 Nano eindrucksvoll bewiesen. Doch es gibt auch Geforce-Grafikkarten, die schnell und dennoch kompakt sind. Dabei handelt es sich meist um Custom-Designs. Ein solches Beispiel stellen wir Ihnen auf der kommenden Seite vor. Dort gehen wir auch auf geeignete Prozessoren für unseren Bauvorschlag ein. Dabei haben wir mehrere Optionen in verschiedenen Preisbereichen für Sie herausgesucht. Je nachdem, wie Ihre Ansprüche an einen kompakten Spiele-PC ausfallen, picken Sie sich die passenden Komponenten heraus.

Das Zuhause

Auf der vierten Seite dieses Artikels stellen wir Ihnen dann einen der wohl wichtigsten Punkte für einen schicken Wohnzimmer-PC vor. Wir meinen natürlich das Gehäuse. Diese Komponente ist es schließlich, die einen Mini-PC so besonders macht und von den typischen Spiele-PCs unterscheidet. Selbstverständlich ist das von uns vorgestellte Gehäuse nicht das einzige auf dem Markt, es gibt noch viele andere, aber von unserem Beispiel wissen wir aus der Praxis, dass es gut mit den anderen vorgestellten Komponenten harmoniert. Denken Sie daran, unsere Bauvorschläge sollen vor allem als Inspiration für Ihre eigenen Projekte dienen.

Grafikkarte

Das zentrale Element eines jeden Spiele-PCs ist die Grafikkarte. Das gilt natürlich auch für die hier vorgestellten Kompaktvarianten.

Grafikkarten mit kompakten Abmessungen sind oftmals mit weniger flotten Grafikchips bestückt, deren Rechenleistung nur für Office-Anwendungen oder das Abspielen von Filmen per Stream geeignet sind. Für unseren Gaming-PC suchen wir jedoch Renderspezialisten im Mini-Format, die selbst aktuelle Titel mindestens in Full HD, besser aber auch in WQHD mit maximalen Details darstellen können. Hier haben wir zwei Vorschläge.

Die kleinste Grafikkarte mit reichlich Rechenleistung ist AMDs Radeon R9 Nano. Asus' White Edition für ca. 460 Euro verpackt die Mini-Karte in einem einzigartigen, weißen Gewand. Deren Fiji-XT-GPU taktet mit bis zu 1.000 MHz, garniert mit 4 GiByte High Bandwidth Memory (HBM). Damit erzielt der nur 15,3 cm kurze Renderzwerg den PCGH-Indexwert 53 Prozent. Für das Spielen in WQHD-Auflösung ist die weiße Nano gut geeignet. Ihre Leistungsaufnahme liegt beim Spielen unter 200 Watt.

Vergleichbar schnell und noch etwas effizienter ist Gigabytes GTX 1060 Mini ITX OC in der 6-GiByte-Variante. Sie basiert auf Nvidias Stromsparmeister, der Pascal-Architektur. Das 17 Zentimeter lange Gigabyte-Modell ist außerdem werkseitig übertaktet, der Boost beim Spielen beträgt beträgt circa 1.750 bis 1.800 MHz (Referenzkarte: 1.709 MHz). Dank 120 Watt TDP genügt eine sechspolige Strombuchse zum Betrieb.

Kleine Kraftprotze: Dank der Asus Radeon R9 Nano White und Gigabyte GTX 1060 Mini ITX OC 6G laufen Ihre Spiele auch im Mini-PC mit flüssigen Bildraten bis inklusive WQHD-Auflösung.

Couch-Gaming-Eingabegerät

Mit einer mechanischen Tastatur, einem Schoßpolster und einer Handballenablage verfügt Roccats Lapboard über alle wichtigen Features für das Spielen auf den Sofa.

Roccats Couch-Gaming-Peripherie ist in zwei Varianten erhältlich: das Sova MK mit einer mechanischen Tastatur (ca. 200 Euro) sowie das Sova Membrane mit Gummidom-Tastenschaltern (ca. 150 Euro). Mit dem ausreichend groß dimensionierten Mauspad, dem Maus-Bungie sowie den sehr bequemen, abnehmbaren Polstern auf der Unterseite verfügt Roccats Lapboard über alle Ausstattungsmerkmale, die für das Spielen auf der Couch besonders wichtig sind. Dazu kommt auch noch eine optimale Ergonomie, da bei Roccat Sova, anders als beispielsweise bei Corsairs Gaming Lapdog, für das noch eine separate Tastatur des Herstellers benötigt wird, eine ausreichend große Handballenablage vorhanden ist. Wer sich für die mechanische Sova-Variante entscheidet, kann sich zusätzlich über die Features von Roccats Ryos-MK-Tastatur freuen.

Dank großflächiger, entfernbarer Polster liegt das Sova bequem auf den Knien.

Prozessor

Um die maximale Performance im Spiele-Mini zu erzielen, setzen wir auf eine aktuelle Skylake-CPU, den Core i7-6700K.

Da wir für den kompakten Gaming-PC eine Sockel-1151-Platine mit Z170-Chipssatz wählen (siehe nächste Seite) sind grundsätzlich alle Skylake-Prozessoren gut geeignet. Sie können sich beim Kauf also nach Ihrem Budget richten. Spielt dies eine untergeordnete Rolle, raten wir zum Oberklasse-Modell, dem Core i7-6700K (4,0 GHz/Turbo: 4,2 GHz/4c 8t). Dieser kommt mit einem freien Multiplikator daher und lässt sich daher besonders leicht übertakten. Sparfüchsen sei der Core i5-6600K (4,0 GHz/Turbo: 4,2 GHz/4c 4t) empfohlen.

Der Intel Core i7-6700K (Preis: ca. 330 Euro) ist eine ausreichend leistungsstarke und sogar übertaktbare CPU für den Spiele-Mini.

Mainboard

Die Hauptplatine bildet die Basis für das ganze System. Wir haben uns für das gut ausgestattete Z170I Pro Gaming von Asus entschieden.

Die Auswahl an Platinen im kompakten Mini-ITX-Format hat in den letzten Jahren zwar deutlich zugenommen, im Vergleich zu klassischen ATX-Boards oder Mikro-ATX-Pendants fällt die Auswahl allerdings deutlich kleiner aus. Trotzdem gibt es mittlerweile einige sehr hochwertige Optionen bei den Mini-ITX-Platinen, wenn man einen Mini-Spiele-PC auf Skylake-Basis aufbauen möchte. Ein empfehlenswertes Produkt ist das Asus Z170I Pro Gaming. Das Mainboard bietet selbst auf einem 170 mm x 170 mm großem PBC alle Features, die sich der Wohnzimmer-Gamer von einer Hauptplatine für einen Spiele-PC wünscht.

Der Z170-PCH stellt den aktuellen High-End-Chipsatz von Intel für den Sockel 1151 dar. Damit sind Ihnen eine Vielzahl an Übertaktungsmöglichkeiten an die Hand gegeben, um noch mehr Leistung aus Ihrem System zu kitzeln. Auch der Hauptspeicher lässt sich einfach und schnell übertakten.

Wie bei Mini-ITX-Mainboards üblich stehen nur zwei RAM-Slots zur Verfügung. Das reicht für den gängigen Dual-Channel-Betrieb und ermöglicht sogar 16 Gigabyte Arbeitsspeicher pro Steckplatz. Anders als sonst bei vielen Mainboards üblich, wird der zum Einsatz kommende Realtek ALC1150/ASUS SupremeFX-Soundchip von hochwertigen Wandlern ergänzt, was zu einem für Onboard-Sound hervorragenden Klangerlebnis führt. Das ist auch gut so, denn Platz für Erweiterungskarten bietet das Asus Z170I Pro Gaming nicht. Dafür befindet sich auf der Platine ein M.2-Anschluss sowie ein PCI-E-Slot, der mit einer Mini-Card bestückt ist, auf die ein Modul für WiFi- und Bluetooth gelötet ist. Für Ihren 3D-Beschleuniger steht zusätzlich ein PCI-Express-3.0-X16-Steckplatz bereit.

Das Asus Z170I Pro Gaming (Preis: 145 Euro) bietet eine gehobene Ausstattung auf engstem Raum. Sogar ein Modul mit WLAN und Bluetooth sowie ein hochwertiger Audio-Chip sind vorhanden.

Mit kurzer Einbaulänge, einem modularen Kabelsystem und den Silent-Wings-3-Lüfter eignet sich das Dark Power Pro 11 bestens für den Mini.

Netzteil

Die Stromversorgung im Mini-PC übernimmt das Be quiet Dark Power Pro 11 mit 550 Watt Nominalleistung und leisem Lüfter – genug Kraft auch für den Spielbetrieb.

Beim PC-Eigenbau können Sie an vielem sparen, nur nicht am Netzteil. Die Stromversorgung ist essenziell für jeden PC, mit dem Sie problemfrei spielen möchten. Daher raten wir eindringlich davon ab, auf billige Angebote aus China reinzufallen. Oftmals sind bei solchen Netzteilen wichtige Schutzschaltungen wie Überspannungsschutz defekt oder gar nicht erst vorhanden.

Das modulare, 80-Plus-Platin zertifizierte Dark Power Pro 11 überzeugte im Test (PCGH 10/2015) mit einer luxuriösen Kabelausstattung mit klassischen ummantelten Kabeln (zum Teil sogar mit extra leistungsfähigem 16-AWG-Querschnitt), einer hochwertigen FSP-Technik mit erstklassigen Komponenten, einer integrierten Lüftersteuerung für bis zu vier Gehäuselüfter sowie sehr guten Werten bei Spannung und Restwelligkeit. Zusätzlich ist Be quiets Stromgeber mit Multi-Rail-Technik ein echter Leisetreter, denn schon die Lautstärke bei geringer bis mittlerer Last liegt subjektiv auf dem Niveau lüfterloser Netzteile. Darüber hinaus bleibt das Netzteil auch bei Last sehr leise. Dank der hohen Effizienz reichen 550 Watt Leistung für unseren Mini voll aus.

SSD

Eine flotte Flash-Festplatte darf in keinem Gaming-PC fehlen – natürlich auch nicht in unserem Mini. Deren Größe bestimmt allein Ihr Budget.

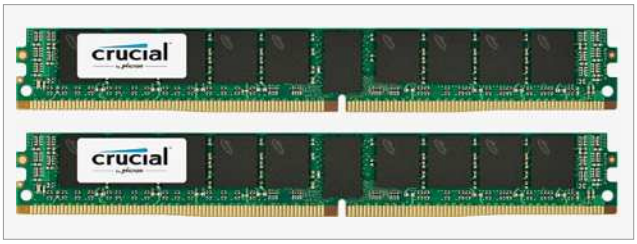
In einem kompakten Gaming-Rechner ist natürlich nur begrenzt Platz für Laufwerke – SSDs bieten sich aufgrund ihrer kompakten Bauform besonders für ein solches Projekt an. Nach Möglichkeit sollten Sie ein Solid State Drive mit einer Kapazität von mindestens 500 Gigabyte verwenden. Ansonsten kann der Speicherplatz schnell eng werden. Titel wie Doom oder Battlefield 4 beispielsweise verbrauchen mehr als 50 Gigabyte Speicher. Preislich liegen solche Laufwerke aktuell bei etwa 140 Euro. Das ist momentan ein sehr guter Preis pro Gigabyte.

Die Samsung SSD 850 Evo ist bei Spielern beliebt. Die Preise sind in den letzten Monaten gefallen, so ist die 500-GByte-Variante schon für 140 Euro erhältlich.

Arbeitsspeicher

Platz ist Luxus im Mini-PC; damit sich CPU-Kühler und RAM nicht in die Quere kommen, bauen wir „Very low profile"-Speicher von Crucial ein.

Wer einen Mini-Gaming-PC baut, muss beim Kauf des Arbeitsspeichers acht geben. Das Problem ist, dass viele Speicherriegel mittlerweile große Kühlkonstruktionen besitzen, die zwar gut aussehen, aber eben auch viel Platz kosten – ein Luxus, den man in kompakten ITX-Gehäusen kaum hat. Wir empfehlen daher, sogenannten „Very low profile"-RAM zu kaufen, der sich durch eine besonders niedrige Bauhöhe auszeichnet. Dieser ist für DDR4 leider noch recht spärlich erhältlich. Bei der Menge sollten Sie auf mindestens 16 Gigabyte setzen.



„Very low profile"-Speicher wie das Crucial DIMM Kit 16GB (ca. 80 Euro) ist besonders flach gebaut und damit zu fast allen CPU-Kühlern kompatibel.

Gehäuse

Die Auswahl an für einen Rechenzwerg konzipierten Mini-ITX-Gehäusen wird immer größer. Wir entscheiden uns für das Thermaltake Core V1.

Das Thermaltake Core V1 sieht durch seine Würfelform schick aus. Zudem ist es geschickt konstruiert. Ein großer Lüfter in der Front saugt kühle Luft in das Gehäuseinnere. Zwei kleine Lüfter auf der Rückseite, platziert über der I/O-Blende des Mainboards, blasen die erwärmte Luft wieder aus dem Core V1 heraus. Vor der Grafikkarte sitzt ein Lüftungsgitter, sodass die GPU kalte Außenluft bekommt. Auch hier wird die warme Abluft an der Gehäuserückseite ausgeblasen. Besonders schick: Im Gehäusedeckel ist ein Sichtfenster integriert, das freien Blick auf die verbaute Hardware erlaubt. Die Seitenteile sowie die Unterseite sind dabei austauschbar. Sie können also selbst wählen, wo das Fenster sitzen soll.

Das für ca. 40 Euro erhältliche Thermaltake Core V1 sieht nicht nur gut aus, es wartet auch mit einigen pfiffigen Detaillösungen wie der guten Kühlung auf.

Prozessorkühler

Mit dem EKL Brocken Eco, einem Turmkühler für rund 30 Euro, bleibt Ihre Skylake-CPU stets kühl, selbst in besonders beengten Verhältnissen.

Überaschenderweise empfehlen wir als CPU-Lüfter für das Thermaltake Core V1 einen Turmkühler. Die meisten Kühler dieser Bauart passen aufgrund der Höhe nicht in ein Mini-ITX-Case, der EKL Brocken Eco ist jedoch eine Ausnahme. Der Kühler hat im Test schon mehrfach bewiesen, dass er nicht nur leise ist, sondern auch genug Kühlpotenzial für Übertaktungsversuche bietet. Dank dieser Reserven und des niedrigen Preises eignet er sich besonders gut für die Verwendung in einem Mini-PC.

Erhältlich als M.2-Modul oder mit PCIe-Adapterkarte

5 JAHRE ERWEITERTES GARANTIEPROGRAMM
Der OCZ-Serviceansatz mildert die Probleme, denen Kunden oft bei Support und Garantieansprüchen ausgesetzt sind: kundenfreundlicher Vorabaustausch ohne Rücksendekosten.

Erhältlich bei ALTERNATE bequem online alternate.de | cyberport cyberport.de | reichelt elektronik reichelt.de | TECHNIKdirekt technikdirekt.de

TOSHIBA Leading Innovation >>>

Kühlung optimieren

Dank der neuen Preis-Leistungs-Tipps von AMD und Nvidia steht bei manchen PC-Spielern eine Aufrüstung an. Wir prüfen, wie die RX 480 und GTX 1060 mit verschiedenen Kühlkonzepten harmonieren.

Bei Tests von Komponenten konzentrieren wir uns auf das einzelne Produkt und zeigen die Stärken und Schwächen auf. Dabei setzen wir bevorzugt auf offene Testaufbauten, um die Wechselwirkung mit anderen Bauteilen zu minimieren. Sind PC-Komponenten im Gehäuse verbaut, beeinflussen diese sich natürlich gegenseitig. Für eine gute PC-Kühlung ist es daher nicht damit getan, einfach gute Produkte zusammenzuwürfeln. Vielmehr kommt es auf das richtige Konzept an, damit die Hardware kühl und leise bleibt. In diesem Artikel beleuchten wir, wie gut Grafikkarten des Typs Radeon RX 480 und Geforce GTX 1060 mit einer Luft- und Wasserkühlung für den Prozessor und unterschiedlicher Gehäusebelüftung harmonieren.

Das Testkonzept

Wir nutzen für sämtliche Tests das Fractal Design Define S. Dieses beliebte Gehäuse bietet viele Möglichkeiten, um unterschiedliche Kühllösungen und Belüftungskonzepte auszuprobieren. Interessant ist für diesen Test, Deckel und Seitenteil wahlweise mit Dämmmatten zu verschließen oder mit Lüftern bestücken zu können. Im Deckel hat außerdem ein von beiden Seiten mit insgesamt vier 120-mm-Lüftern bestückter Dual-Radiator bequem Platz. Zur Gehäusebelüftung nutzen wir Silent-Wings-2-Lüfter von Be quiet, deren Drehzahl wir auf niedrige 370 U/min fixieren. Im Zusammenspiel mit dem Turmkühler EKL Alpenföhn Brocken 2, der mit einem 140-mm-Lüfter bestückt ist, erreicht unser System im Leerlauf ohne weitere Optimierungen kaum wahrnehmbare 0,2 Sone. Die Regelung des CPU-Lüfters überlassen wir dem Mainboard, auch bei der Ansteuerung der Grafikkartenbelüftung greifen wir nicht ein. Unser Ziel ist es schließlich nicht, ein bestimmtes System zu optimieren, sondern unterschiedliche Kühl- und Belüftungskonzepte miteinander zu vergleichen. Mit der Wasserkühlung Arctic Liquid Freezer 240 inklusive vier 120-mm-Lüftern reicht es für immer noch gute 0,4 Sone ohne Last – wie bei allen Messungen für diesen Artikel aus einem halben Meter Entfernung.

Bei der ersten Grafikkarte handelt es sich um eine Radeon RX 480 im Referenzdesign. Diese Version zeichnet sich durch eine 17,8 Zentimeter kurze Platine und einen 65-mm-Radiallüfter aus, der an einer über das PCB hinausragenden Kunststoffhaube fixiert ist. Für die Kühlung ist ein relativ kompakter Aluminiumblock mit Kupferboden zuständig, Heatpipes fehlen gänzlich. Das Referenzdesign ist so konstruiert, dass die Abwärme der Grafikkarte größtenteils durch die Slotblende aus dem Gehäuse hinausbefördert wird.

Die zweite Radeon RX 480 ist die OC-Variante Nitro+ von Sapphire. Der Hersteller stattet die Karte mit zwei BIOS-Chips aus, zwischen denen per Schalter bequem gewechselt werden kann. Wir nutzen die beschleunigte Variante mit einem Boost-Takt von 1.342 MHz, die höhere Anforderungen an das Kühlsystem stellt. Der Hersteller setzt auf zwei 95 mm große Axiallüfter, die einen aus Aluminium beste-

Das Testsystem

Komponente	Produkt
Prozessor	Intel Core i7-4770K @ 4,2 GHz/1,20 Volt
CPU-Kühler	EKL Alpenföhn Brocken 2 oder Arctic Liquid Freezer 240; Arctic MX-4
Mainboard	MSI Z97 Gaming 7
RAM	2 × 8 GiByte Teamgroup DDR3-2400 (CL11)
Grafikkarte	AMD Radeon RX 480/8G oder Sapphire Nitro+ Radeon RX 480/8G OC oder Asus GTX 1060 Strix/6G OC
Datenspeicher	Crucial MX100 256 GByte
Netzteil	Be quiet Straight Power 10-CM 500 W
Gehäuse	Fractal Design Define S (gedämmt)
Gehäuselüfter	Be quiet Silent Wings 2 PWM 140 mm, 2 bis 5 Stück
Lüftersteuerung	CPU-Kühler: MSI Z97 Gaming 7 (Auto-Einstellung); Gehäuselüfter: Lamptron FC-6 und Spannungsadapter für konstant ca. 370 U/min
Messfühler	Bitspower Thin Temperature Sensor

henden Kühlkörper mit Kupferkern und drei Heatpipes anblasen. Bei dieser Radeon RX 480 wird die warme Abluft nicht aus dem Gehäuse geblasen, sondern im Innenraum des Gehäuses verwirbelt. Die Geforce GTX 1060 testen wir nicht im Referenzdesign, da die Founders Edition exklusiv im Nvidia-Webshop für 319 Euro erhältlich und damit ähnlich bepreist ist wie stark aufgebohrte Herstellerdesigns. Dazu zählt die stattdessen von uns verwendete Asus GTX 1060 Strix OC/6G, welche mit drei 90-mm-Ventilatoren und fünf Heatpipes die größten Kühlreserven verspricht.

Heizen mit Vulkan

Um für unsere Messungen eine praxisnahe Last zu erzeugen, die sich gleichzeitig über einen langen Zeitraum aufrechterhalten und für vergleichbare Ergebnisse exakt reproduzieren lässt, nutzen wir Doom. Nach Evaluierung mehrerer Umgebungen auf allen Karten stoßen wir auf eine geeignete Szene: Im Level „Gießerei" findet sich gleich zu Beginn ein Szenario, welches sowohl Grafikkarte als auch Prozessor überdurchschnittlich stark belastet. Sobald wir den ersten Raum betreten, steigt die Auslastung sowohl von CPU als auch GPU aufgrund der vergleichsweise hohen Sichtweite, Detaildichte sowie des Effektgehalts stark an. Die Last in dieser Szene liegt nochmals erheblich höher als in unserem schon anspruchsvollen Standard-Benchmark „Devil's Dance". Für die Art Messung, die wir uns vorgenommen haben, ist das ein optimales Szenario, denn aufgrund der hohen Last, die selbst dann anliegt, wenn unsere Spielfigur stillsteht, müssen wir CPU und GPU nicht durch zusätzliches Streaming belasten. So ist trotz der sehr langen Messzeiträume die Reproduzierbarkeit gegeben.

Für die Messungen setzen wir außerdem auf die Vulkan-Schnittstelle, um unser System bestmöglich auszulasten und verwenden die aktuelle Radeon Software 16.8.2 Hotfix sowie den Geforce-Treiber 372.54 WHQL. Dank Letzterem funktioniert nun auch der exklusive Vollbildmodus unter Vulkan bei Verwendung einer Nvidia-Grafikkarte. Trotz der Auflösung 2.560 × 1.440 und bis auf zwei Einstellungen maximale Details zeigen unsere Grafikkarten gute Ergebnisse: Das Sapphire-Modell liefert rund 68 Fps, das AMD-Modell liegt bei etwa 63 Fps. Die GTX 1060 von Asus folgt mit rund 58 Fps.

Wir strecken die Fühler aus

Auf den folgenden Seiten finden Sie Temperaturwerte für den Prozessor und den Grafikchip, die von Cpuid Hwmonitor und GPU-Z stammen. Darüber hinaus liefern vier Folienmessfühler weitere Daten: Einen Messfühler klemmen wir zwischen den für die CPU-Spannungsversorgung zuständigen MOSFETs und den von MSI darauf montierten Passivkühler. Die Temperatur des Arbeitsspeichers ermitteln wir unterhalb des Kühlblechs des außen liegenden Teamgroup-Moduls. Etwa zwei Zentimeter unterhalb des Lufteinlasses der Grafikkarte auf Höhe des PCH-Kühlers sitzt ein weiterer Sensor, der uns über die Hitze im Innenraum informiert. Schließlich schieben wir noch einen vierten Fühler durch das Slotblech der Grafikkarte etwa einen Zentimeter weit in den PC. Die beiden letzten Messwerte verraten uns somit, wie heiß die von der Grafikkarte angesaugte Luft ist und wie heiß die durch die Slotblende aus dem Gehäuse strömende Luft ist.

Die Lautheit ermitteln wir aus zwei Positionen. Bei der im weiteren Verlauf als „vorne" bezeichneten Messposition platzieren wir das Mikrofon rund 20 cm über der einen halben Meter entfernten Oberkante des Gehäuses. Die Messung erfolgt nicht frontal, sondern um rund 45 Grad nach links versetzt. Sie entspricht somit in etwa der Position eines PC-Nutzers, der sein Gehäuse beim Spielen rechts unterhalb der Schreibtischplatte aufgestellt hat. (In der Praxis würde das Möbel bei einem solchen Aufbau die Lautheit zusätzlich dämmen.) Die andere Messung erfolgt ebenfalls aus 50 cm Distanz, aber direkt mittig auf das linke Seitenteil ausgerichtet. Diese Platzierung entspricht damit eher einem Anwender, dessen PC rechts auf dem Schreibtisch steht.

EKL Alpenföhn Brocken 2, Radeon RX 480/8G (Referenzdesign von AMD)

Das Referenzdesign agiert thermisch am Limit. Hilfe verspricht ein Lüfter im Seitenteil, was allerdings die Dämmwirkung reduziert.

Im Ausgangszustand erreichen wir ordentliche Ergebnisse. Der PC ist mit 1,5 bis 1,8 Sone erträglich, alle Komponenten liegen im akzeptablen Temperaturbereich. Ins Schwitzen kommt lediglich die Grafikkarte: Die Standardvorgabe im Radeon-Wattman-Menü (90 °C GPU-Temperatur und 2.200 U/min) ist praktisch ausgereizt, der Boost-Takt mit 1.197 MHz weit vom theoretischen Maximum der Referenzkarte, nämlich 1.266 MHz entfernt. Im nächsten Schritt öffnen wir den Deckel und verbauen zwei zusätzliche ausblasende 140-mm-Lüfter. Davon profitieren primär der Prozessor, die CPU-Spannungsversorgung und der Arbeitsspeicher, bei der Grafikkarte registrieren wir lediglich Minimalvorteile: Die Lüfterdrehzahl sinkt minimal, der durchschnittliche GPU-Boost steigt immerhin um 3 MHz. Durch den geöffneten Deckel dringt allerdings auch der Schall besser durch, die Lautheit steigt um 0,1 bis 0,2 Sone. Wesentlich besser springt die Radeon RX 480 auf kühle einströmende Luft an: Ein einblasender 140-mm-Propeller im Seitenteil senkt die im Innenraum gemessene Temperatur auf rund 30 °C. Das Kühlsystem münzt die Frischluft in eine 5 Kelvin niedrigere Grafikchiptemperatur um, der GPU-Takt steigt auf 1.206 MHz. Die Zusatzbelüftung kann auch der Brocken 2 gut verwerten, Prozessortemperatur und Lüfterdrehzahl sinken. Die Idee, die warme Luft im Innenraum durch einen gedrehten Lüfter im Seitenteil hinauszubefördern, entpuppt sich als weniger wirkungsvoll: Die Chips werden wärmer, der GPU-Boost sinkt auf unter 1.200 MHz und die Drehzahlen legen leicht zu. Mit 2,0 bis 2,3 Sone ist diese Option daher auch für Silent-Fans nicht interessant.

Komponente	Lüfterpositionen			
	Vorne rein, hinten raus	Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus	Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus, seitlich rein	Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus, seitlich raus
CPU-Kerne	58,5 °C	56,9 °C	55,7 °C	57,2 °C
VRMs Mainboard	57,3 °C	54,3 °C	53,4 °C	53,2 °C
Arbeitsspeicher	41,2 °C	39,9 °C	38,5 °C	38,8 °C
Innenraum	35,1 °C	33,5 °C	30,3 °C	32,2 °C
Grafikchip	87,5 °C	87,9 °C	82,8 °C	86,7 °C
Graka-Slotblech	62,2 °C	62,3 °C	57,6 °C	60,7 °C
CPU-Kühler	550 U/min	550 U/min	500 U/min	550 U/min
GPU-Kühler	2.210 U/min, 56 % PWM	2.190 U/min, 56 % PWM	2.180 U/min, 56 % PWM	2.190 U/min, 56 % PWM
GPU-Takt	1.197 MHz	1.200 MHz	1.206 MHz	1.199 MHz
Lautheit (vorne)	1,5 Sone	1,7 Sone	2,0 Sone	2,0 Sone
Lautheit (seitlich)	1,8 Sone	1,9 Sone	2,3 Sone	2,3 Sone

Arctic Liquid Freezer 240, Radeon RX 480/8G (Referenzdesign von AMD)

Das Referenzdesign erweist sich als relativ unempfindlich gegenüber der zusätzlich zu schulternden Abwärme des Prozessors.

Da Arctic für die bestmögliche Kühlleistung empfiehlt, die am Radiator befestigten Lüfter einblasend zu montieren, wagen wir damit einen ersten Durchlauf. Der Prozessor freut sich über die Frischluft, doch die Wasserkühlung verteilt die Abwärme im Gehäuse: Die von der Grafikkarte eingesaugte Luft ist mit ca. 36 °C wärmer als im luftgekühlten Rechner. Das System bleibt stabil, aber trotz des auf 1.185 MHz gesunkenen Boost-Takts erhitzt sich die GPU auf rund 88 °C. Abhilfe muss her, im nächsten Schritt fächelt ein einblasender Lüfter im Seitenteil der Radeon Frischluft zu: Das funktioniert, optimal ist diese Lösung aber nicht. Das liegt neben der überschaubaren Abkühlung auch daran, dass das durchlässige Seitenteil nicht mehr den fix rotierenden GPU-Lüfter dämmt: Die Lautheit steigt bei identischen Drehzahlen von 2,1 auf 2,5 Sone. Einen runderen Eindruck macht das System mit gedrehten 120-mm-Lüftern am Radiator: Die Arctic-Ventilatoren drehen zwar etwas stärker auf, der Prozessor bleibt aber immer noch angenehm kühl und die Grafikkarte belohnt die Maßnahme durch einen auf über 1.200 MHz erhöhten Boost-Takt. Ein Lüfter im Seitenteil ist ein zweischneidiges Schwert: Wir messen zwar eine deutliche Abkühlung des Grafikchips um 3 Kelvin, allerdings profitieren andere Komponenten von dieser Maßnahme nicht. Die Temperatur der Spannungswandler (VRMs) legt sogar um rund 5 Kelvin zu. Relevanter ist allerdings, dass sich die Lautheit um bis zu 0,6 Sone erhöht. In einer Sitzposition links vom Gehäuse ist der Unterschied stärker ausgeprägt, schließlich ist die Grafikkarte der größte Krachmacher im System und sitzt direkt hinter dem Ausschnitt für den Zusatzlüfter im Seitenteil.

	Lüfterpositionen			
Komponente	**Vorne rein, hinten raus, 4 × oben rein**	**Vorne rein, hinten raus, 4 × oben rein, seitlich rein**	**Vorne rein, hinten raus, 4 × oben raus**	**Vorne rein, hinten raus, 4 × oben raus, seitlich rein**
CPU-Kerne	45,2 °C	45,4 °C	47,7 °C	47,4 °C
VRMs Mainboard	52,0 °C	50,7 °C	49,6 °C	55,0 °C
Arbeitsspeicher	38,2 °C	37,3 °C	38,1 °C	37,7 °C
Innenraum	35,8 °C	32,7 °C	29,0 °C	29,6 °C
Grafikchip	88,2 °C	86,1 °C	85,2 °C	82,2 °C
Graka-Slotblech	65,3 °C	67,3 °C	69,7 °C	66,8 °C
CPU-Kühler	780 U/min	780 U/min	870 U/min	850 U/min
GPU-Kühler	2.200 U/min, 56 % PWM	2.200 U/min, 56 % PWM	2.180 U/min, 56 % PWM	2.180 U/min, 56 % PWM
GPU-Takt	1.185 MHz	1.196 MHz	1.202 MHz	1.204 MHz
Lautheit (vorne)	2,0 Sone	2,0 Sone	2,0 Sone	2,2 Sone
Lautheit (seitlich)	2,1 Sone	2,5 Sone	2,1 Sone	2,7 Sone

EKL Alpenföhn Brocken 2, Radeon RX 480/8G (Custom-Design von Sapphire)

Wie sehr das Grafikkarten-Design die Temperaturen im Gehäuse beeinflusst, wird beim Vergleich mit dem Sapphire-Modell offenbart.

Die Sapphire RX 480 Nitro+ ist mit OC-BIOS die momentan schnellste erhältliche Polaris-GPU (Test ab Seite 38). Die hohen Boost-Taktraten und Leistungsaufnahme erkauft sich das Sapphire-Modell allerdings im Gegenzug mit hohen Temperaturen und einem deutlich hörbaren Geräuschpegel beim Volllastbetrieb. Da die beiden Axiallüfter der Herstellerkarte die Warmluft im Gehäuse verwirbeln und nicht wie das Referenz-Design zum größten Teil durch die Slotblende entsorgen, wirkt sich der Einbau der Sapphire RX 480 auch stark auf die restlichen Komponenten des Systems aus. Insbesondere der CPU-Lüfter und der Prozessor werden durch die im Gehäuse verteilte und aufgrund der Wärme auch noch in den oberen Gehäuseteil aufsteigende Abluft deutlich stärker belastet. Mit knapp 70° Celsius erreicht die CPU bei dieser Systemkonfiguration und mit nur zwei Gehäuselüftern die insgesamt höchsten Temperaturen im gesamten Test. Auch der CPU-Lüfter dreht so hoch wie in keiner anderen Konfiguration. Allerdings ist das mit der Sapphire RX 480 Nitro+ etwas heiß laufende System in dieser Zusammenstellung am wenigsten laut. Mit zusätzlichen Lüftern lässt sich die hohe CPU-Temperatur deutlich senken, insbesondere die nach oben ausblasenden Lüfter bringen dem Prozessor thermische Entlastung. Der Seitenlüfter hingegen senkt insbesondere die Temperatur des Grafikchips. Die wiederum von den GPU-Lüftern im Innenraum verwirbelte Abluft ist in dieser Konfiguration daher auch weniger warm und belastet die restlichen Komponenten daher deutlich geringfügiger. Aufgrund des hohen Geräuschpegels der Sapphire RX 480 Nitro+ beeinflusst der Seitenlüfter allerdings die Lautstärkemessungen stark negativ.

	Lüfterpositionen			
Komponente	**Vorne rein, hinten raus**	**Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus**	**Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus, seitlich rein**	**Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus, seitlich raus**
CPU-Kerne	69,8 °C	64,2 °C	60,2 °C	63,8 °C
VRMs Mainboard	63,7 °C	55,4 °C	56,3 °C	55,4 °C
Arbeitsspeicher	56,0 °C	49,2 °C	45,8 °C	48,7 °C
Innenraum	43,9 °C	40,8 °C	36,3 °C	40,1 °C
Grafikchip	86,5 °C	82,4 °C	76,4 °C	81,5 °C
Graka-Slotblech	46,4 °C	45,7 °C	44,4 °C	48,0 °C
CPU-Kühler	900 U/min	740 U/min	720 U/min	750 U/min
GPU-Kühler	2.290 U/min, 60 % PWM	2.300 U/min, 60 % PWM	2.300 U/min, 60 % PWM	2.300 U/min, 61 % PWM
GPU-Takt	1.342 MHz	1.342 MHz	1.342 MHz	1.342 MHz
Lautheit (vorne)	2,6 Sone	2,8 Sone	3,0 Sone	3,0 Sone
Lautheit (seitlich)	2,9 Sone	3,0 Sone	3,9 Sone	3,8 Sone

Arctic Liquid Freezer 240, Radeon RX 480/8G (Custom-Design von Sapphire)

Der i7-4770K behält einen kühlen Kopf, doch für die Grafikkarte wird es je nach Belüftung richtig ungemütlich.

Bereits beim AMD-Referenzdesign beobachteten wir, dass einblasende Lüfter am Radiator zwar angenehm niedrige CPU-Kerntemperaturen bewirken, dies aber auf Kosten der Kühlreserven der Grafikkarte erfolgt. Bei der RX 480 von Sapphire verschärft sich dieses Problem aus zwei Gründen: Einerseits setzt die übertaktete Karte aufgrund einer höheren Leistungsaufnahme auch mehr Abwärme frei, andererseits verwirbeln beide Axiallüfter die warme Luft nur im Gehäuse und drücken sie nicht aus dem PC hinaus. Der Innenraum heizt sich daher stark auf, wir messen 48 °C nahe der Grafikkarte. Diese senkt ihren GPU-Takt massiv um fast 100 MHz, trotzdem bemerken wir nach längerer Laufzeit Instabilität: Der PC startet sich nach längeren Aufheizphasen neu. Ein Lüfter, welcher für die Grafikkarte kühle Luft durch das Seitenteil einsaugt, hilft zwar, sodass der volle Boost-Takt wieder anliegt, aber auch hier beobachteten wir Stabilitätsprobleme. Hier rächt es sich, dass das automatisch im Radeon-Wattman-Menü mit 2.300 U/min gesetzte Limit die Möglichkeiten des Kühlsystems nicht ausreizt. Wesentlich besser funktioniert das wassergekühlte Setup mit gedrehten, also ausblasenden Lüftern am Radiator: Der Innenraum kühlt um rund 10 Kelvin ab, die Stabilitätsprobleme gehören der Vergangenheit an. Da die CPU-Kerne nur leicht wärmer werden und die Arctic-Propeller zwar schneller rotieren, aber ohnehin von den GPU-Lüftern übertönt werden, ist diese Lösung klar überlegen. Ein zusätzlich einblasender Lüfter im Seitenteil verhilft zu niedrigeren Chiptemperaturen; die aus seitlicher Position von 3,3 auf 4,1 Sone ansteigende Lautheit ist allerdings unangenehm und lässt beim Spielen einen Kopfhörer vermissen.

Komponente	Lüfterpositionen			
	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben rein*	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben rein, seitlich rein*	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben raus	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben raus, seitlich rein
CPU-Kerne	49,6 °C	47,8 °C	52,7 °C	50,7 °C
VRMs Mainboard	53,0 °C	51,3 °C	48,8 °C	51,8 °C
Arbeitsspeicher	47,0 °C	44,5 °C	46,2 °C	45,4 °C
Innenraum	48,0 °C	45,0 °C	34,6 °C	36,7 °C
Grafikchip	88,1 °C	86,1 °C	78,4 °C	76,3 °C
Graka-Slotblech	44,8 °C	44,3 °C	34,4 °C	31,7 °C
CPU-Kühler	850 U/min	860 U/min	1.030 U/min	940 U/min
GPU-Kühler	2.300 U/min, 61 % PWM	2.300 U/min, 61 % PWM	2.300 U/min, 61 % PWM	2.290 U/min, 61 % PWM
GPU-Takt	1.249 MHz	1.342 MHz	1.342 MHz	1.342 MHz
Lautheit (vorne)	3,0 Sone	3,2 Sone	3,1 Sone	3,2 Sone
Lautheit (seitlich)	3,1 Sone	3,9 Sone	3,3 Sone	4,1 Sone

* System läuft nicht stabil

EKL Alpenföhn Brocken 2, Geforce GTX 1060/6G (Custom-Design von Asus)

Asus' GTX 1060 Strix ist deutlich leiser als die RX 480 von Sapphire. Dank des guten Kühlers wird der PC durch den Seitenlüfter nicht lauter.

Das von Asus stammende Hersteller-Design der GTX 1060 ist nicht nur leiser als die RX 480 von Sapphire, sie benötigt außerdem deutlich weniger Strom. Einzig auf die GPUs bezogen, nahm die Asus GTX 1060 Strix beim Testen in Anno 2070 145 Watt auf, ganze 70 Watt weniger als die RX 480 (siehe Test ab Seite 38). Da beide Hersteller-Karten die warme Abluft im Gehäuse verwirbeln, hat diese Differenz auch großen Einfluss auf die restlichen Komponenten im System, denn die Leistung eines PCs wird im Betrieb beinahe komplett in Wärme umgewandelt. So gesehen hat der mit der GTX 1060 ausgestattete Rechner schon vom Start weg einen nicht unbeträchtlichen Vorteil, was sich bei unseren Messungen schon mit unserer Standard-Konfiguration auch gut erkennbar in niedrigeren Temperaturen ablesen lässt. Sämtliche Komponenten arbeiten kühler, einzig die Luft im Inneren des Gehäuses ist mit 1,8 Kelvin minimal wärmer. Verglichen mit dem Referenzmodell der Radeon RX 480, das die Abwärme zu großen Teilen direkt nach draußen bläst, liegen die Temperaturen mit der Asus GTX 1060 Strix indes höher. Mit zusätzlichen Gehäuselüftern lässt sich dieser Umstand allerdings sehr einfach ausräumen, ohne dass der Lautstärkepegel deutlich steigt. Das beste Ergebnis liefert die Vollbestückung mit oben ausblasenden Lüftern sowie einem einblasenden Seitenlüfter, welcher der Grafikkarte Frischluft zufächelt. Wir erzielen mit dieser Konfiguration sowohl für CPU- als auch GPU-Lüfter die niedrigsten Drehzahlen bei gleichermaßen geringsten Temperaturen. Einzig für die auf dem Mainboard verbauten VRMs sowie den Hauptspeicher sind nach oben ausblasende Lüfter von minimalem Vorteil.

Komponente	Lüfterpositionen			
	Vorne rein, hinten raus	Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus	Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus, seitlich rein	Vorne rein, hinten raus, 2 × oben raus, seitlich raus
CPU-Kerne	66,7 °C	61,6 °C	60,1 °C	60,5 °C
VRMs Mainboard	60,4 °C	54,9 °C	55,1 °C	53,7 °C
Arbeitsspeicher	51,4 °C	48,9 °C	47,1 °C	47,0 °C
Innenraum	45,7 °C	43,0 °C	37,4 °C	39,4 °C
Grafikchip	65,4 °C	63,1 °C	59,7 °C	61,6 °C
Graka-Slotblech	41,0 °C	39,9 °C	35,6 °C	38,1 °C
CPU-Kühler	770 U/min	680 U/min	660 U/min	700 U/min
GPU-Kühler	1.820 U/min, 50 % PWM	1.760 U/min, 48 % PWM	1.670 U/min, 46 % PWM	1.740 U/min, 48 % PWM
GPU-Takt	2.012 MHz	2.012 MHz	2.012 MHz	2.012 MHz
Lautheit (vorne)	1,1 Sone	1,2 Sone	0,9 Sone	1,1 Sone
Lautheit (seitlich)	1,2 Sone	1,1 Sone	1,1 Sone	1,3 Sone

Arctic Liquid Freezer 240, Geforce GTX 1060/6G (Custom-Design von Asus)

Dass der Einbau einer Wasserkühlung nicht zwangsweise niedrigere Lärmpegel bedeutet, lässt sich auch mit der GTX 1060 belegen.

Natürlich sind die vier zusätzlichen Lüfter der Arctic Liquid Freezer 240 nicht geräuschlos, trotzdem mag es überraschend sein, dass unser System in Standard-Konfiguration mit CPU-Wasserkühlung um immerhin 0,7 beziehungsweise 0,6 Sone lauter ist als unsere komplett luftgekühlte Konfiguration. Wie schon bei den wassergekühlten Konfigurationen mit der RX 480 ist zudem sehr interessant, wie stark sich die Einbaurichtung der Lüfter für den Radiator der Artic-Kühlung auswirkt. Ist die Wasserkühlung wie von Arctic empfohlen mit einblasenden Lüftern verbaut, wird die CPU zwar optimal gekühlt, dafür hat die Grafikkarte mit der ins Gehäuse strömenden Abluft zu kämpfen. Dies resultiert in höheren Temperaturen des Grafikchips, einer maximalen Drehzahl der beiden Axiallüfter sowie leicht reduzierten Boost-Taktraten. Außerdem ist unser System in dieser Konfiguration am lautesten. Drehen wir dagegen die Lüfter der Wasserkühlung und blasen die verhältnismäßig warme Luft aus dem Innenraum durch den Radiator nach außen, wird die CPU trotz leicht erhöhten Drehzahlen der vier CPU-Lüfter um knapp 6 Kelvin wärmer. Der Prozessor ist flüssigkeitsgekühlt allerdings weiterhin meilenweit von kritischen Werten entfernt. Die GTX 1060 indes wird thermisch entlastet und quittiert dies mit einem höheren Boost-Takt und um beinahe 20 % niedrigeren Lüfterdrehzahlen. Dies hat auch Auswirkungen auf die Lautheit, die Messwerte liegen an der Front um 0,6 respektive seitlich um 0,4 Sone niedriger. Die generell besten Ergebnisse und das leiseste Betriebsgeräusch lieferte die Konfiguration mit ausblasender Wasserkühlung sowie einem zusätzlich einblasenden Seitenlüfter.

Komponente	Lüfterpositionen			
	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben rein	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben rein, seitlich rein	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben raus	Vorne rein, hinten raus, 4 × oben raus, seitlich rein
CPU-Kerne	46,1 °C	45,8 °C	51,0 °C	48,1 °C
VRMs Mainboard	52,4 °C	50,7 °C	51,7 °C	53,3 °C
Arbeitsspeicher	50,1 °C	46,1 °C	44,9 °C	44,3 °C
Innenraum	48,8 °C	42,5 °C	35,6 °C	36,3 °C
Grafikchip	71,3 °C	65,3 °C	59,7 °C	58,3 °C
Graka-Slotblech	47,7 °C	40,2 °C	33,4 °C	31,3 °C
CPU-Kühler	720 U/min	720 U/min	930 U/min	850 U/min
GPU-Kühler	2.030 U/min, 56 % PWM	1.860 U/min, 51 % PWM	1.640 U/min, 45 % PWM	1.620 U/min, 44 % PWM
GPU-Takt	2.000 MHz	2.012 MHz	2.025 MHz	2.025 MHz
Lautheit (vorne)	1,8 Sone	1,5 Sone	1,2 Sone	1,0 Sone
Lautheit (seitlich)	1,8 Sone	1,7 Sone	1,4 Sone	1,2 Sone

Zusatztests & Auswertung

Auf den vorherigen Seiten konnten wir bereits einige interessante Beobachtungen machen. Abschließend führen wir einige zusätzliche Tests durch und fassen unsere Erkenntnisse zusammen.

Vorsicht Falle

Mit der Liquid Freezer 240 ist Arctic zwar eine leise, ausgewogene Fertigwasserkühlung geglückt, doch die Empfehlung, die Lüfter einblasend zu montieren, ist mit Vorsicht zu genießen: Rein auf die Prozessorkerne bezogen liefert diese Montagerichtung zwar tatsächlich die beste Kühlleistung, doch in einem Spiele-PC mit dedizierter Grafikkarte kann sie sich böse rächen. Da die aufgewärmte Luft direkt auf die Erweiterungskarten geblasen wird, ist unabhängig von der Kühlkonstruktion der Grafikkarte mit erhöhten GPU-Temperaturen zu rechnen.

Wir raten daher, auch wenn der Radiator an einer anderen Position wie der Front befestigt wird, zur gedrehten Montage. Eine gute CPU-Wasserkühlung weist ohnehin recht große Reserven auf, die selten ausgeschöpft werden. Sie gerät kaum ans Limit, selbst wenn sie erwärmte Luft aus dem Innenraum ansaugt und nach draußen bläst. Ausnahme: Falls Sie eine CPU mit einer sehr hohen Leistungsaufnahme verwenden, z. B. ein übertaktetes Modell mit 125 Watt TDP oder mehr) und eine eher genügsame, luftgekühlte Grafikkarte, erscheint uns die einblasende Ausrichtung zumindest einen Versuch wert. Vergleichen Sie dann am besten die Auswirkung auf die Komponenten, um sich für die beste Variante entscheiden zu können.

Wind von der Seite

Nicht alle Gehäuse bieten die Möglichkeit, im Seitenteil einen Lüfter nahe der Grafikkarte zu installieren. Wenn Sie diese Chance haben und nutzen möchten, dann weisen unsere Ergebnisse allerdings darauf hin, dass die einblasende Ausrichtung im Normalfall die überlegene Konfiguration darstellt: Jedes Kühlkonzept der drei verwendeten Grafikkarten profitiert von kühler Frischluft von außen, auch die Temperaturen von CPU und anderen Bauteilen fällt im Direktvergleich besser aus. Da die Chance besteht, dass die Belüftung der Grafikkarte für den gleichen Kühleffekt weniger stark aufdrehen muss, ist diese Montageausrichtung tendenziell auch die leisere Variante. Bei der Strix GTX 1060 beträgt der Unterschied von beiden Messpositionen aus 0,2 Sone, was primär den von 1.740 auf 1.670 U/min gedrosselten Lüftern zu verdanken ist.

Ob der Einsatz eines Ventilators im Seitenteil überhaupt sinnvoll ist, hängt wiederum von der Ausgangssituation ab. Mit einem leisen Custom-Design wie dem von Asus ist es zu vernachlässigen, wenn durch das Öffnen des Seitenteils die Dämmwirkung des Gehäuses reduziert wird. Der Schall einer Grafikkarte, die auf einem höheren Geräuschniveau agiert, wird aber nur noch unzureichend geblockt, was insbesondere Nutzer stören dürfte, die neben der Öffnung sitzen. Falls Sie mit der GPU-Temperatur grundsätzlich zufrieden sind, lohnt sich das Nachrüsten eines Ventilators in einem solchen Fall eher nicht. Dann sollten Sie an heißen Sommertagen besser die Frischluftzufuhr über die Front optimieren und vor allem bei Grafikkarten mit Axiallüftern über Heck- und gegebenenfalls Deckelbelüftung sicherstellen, dass die Abwärme sich nicht im Gehäuse staut. Eine Alternative zum Lüfter im Seitenteil ist ein selbst gebauter Lufttunnel, mit dem sich die Frischluft eines einblasenden (Front-) Ventilators direkt zur Grafikkarte befördern lässt.

Anwender haben nicht bei jedem Gehäuse die Wahlmöglichkeit zwischen einem geschlossenen

Seitenteil und einem zusätzlichen Gehäuselüfter. In vielen Fällen gibt es für das Gehäuseblech keine dämmende Abdeckung und die Öffnung zur Belüftung ist permanent vorhanden. In einem solchen Fall ist es wiederum naheliegend, die schlechteren Akustikeigenschaften durch die Installation eines leisen Lüfters zumindest in eine bessere Systemkühlung umzumünzen.

Deckel auf, Hitze raus?

Wie Sie auf den vorherigen Seiten sehen konnten, sorgt das Verbauen von ausblasenden Lüftern im Deckel für eine messbare Abkühlung. Bei der Grafikkarte kommt davon zwar nicht immer viel an, aber beim Prozessor und sockelnahen Bauteilen ist der Vorteil mitunter stark ausgeprägt. Liegt das an den zwei zusätzlichen Ventilatoren oder einfach nur daran, dass sich die Luft durch das Entfernen der Abdeckplatten am Deckel nicht mehr an dieser Stelle staut? Das wollten wir genauer wissen, zumal das Öffnen des Gehäuses kostenlos ist.

Unsere (nicht abgedruckten) Ergebnisse sind ernüchternd: Bei Verwendung der RX 480 im Referenzdesign ist zwischen dem geschlossenen und geöffneten Zustand praktisch kein Unterschied festzustellen, CPU und RAM erwärmen sich ohne Abdeckung sogar um 1-2 Kelvin stärker. Mit der GTX 1060 verhält es sich ähnlich. Wenn der Innenraum durch das Fehlen jeglicher Gehäusebelüftung oder der Verwendung mehrerer Grafikkarten stark aufgeheizt ist, mag die Maßnahme helfen, allerdings wird das bloße Öffnen dann auch nicht alle Probleme lösen. Es ist also die aktive Belüftung, welche für Abkühlung sorgt, nicht das bloße Vorhandensein einer Abzugsmöglichkeit.

Schnellere Gehäuselüfter?

Eine Drehzahl von 370 U/min ist für 140-mm-Ventilatoren ziemlich niedrig, das bewegte Luftvolumen eher gering. Daher haben wir zusätzliche Messreihen mit auf 1.000 U/min erhöhten Drehzahlen durchgeführt. Wenig überraschend sorgt eine Beschleunigung grundsätzlich für eine stärker ausgeprägte Geräuschkulisse, aber auch für niedrigere Temperaturen aller verbauter Komponenten. Spannender ist da schon die Frage, ob etwa zwei schneller drehende Modelle ein besseres Ergebnis abliefern als vier oder fünf Silent-Lüfter. Das prüfen wir mit zwei Grafikkarten.

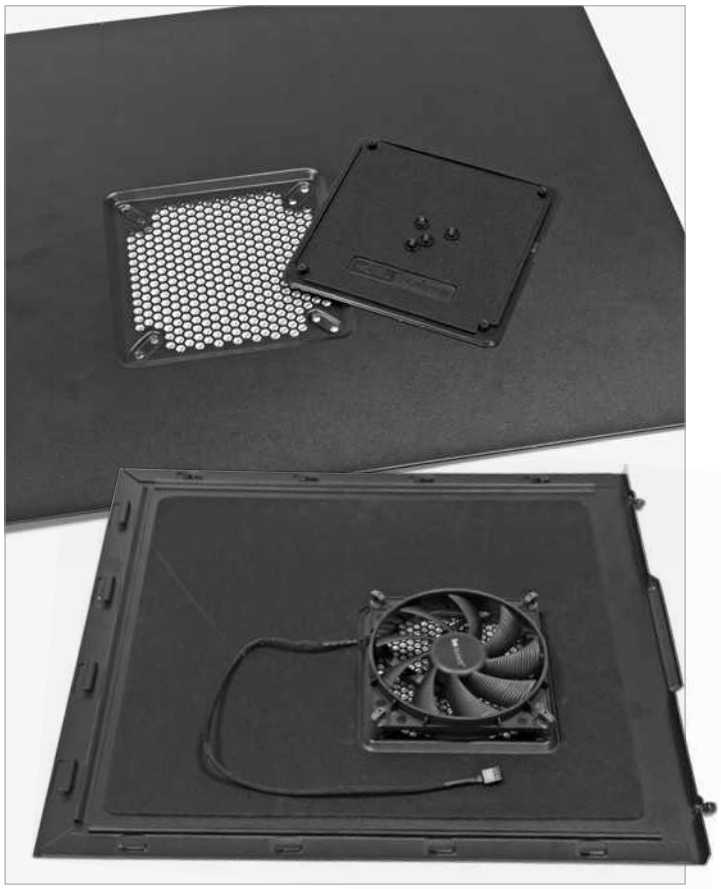
Beim Einsatz der RX 480 im Referenzdesign erwärmt sich die GPU mit je einem schnellen ein- und ausblasenden Lüfter an Front respektive Heck auf 82,5 °C, der Boost-Takt beträgt 1.210 MHz. Die CPU-Kerne liegen bei 54,0 °C und wir messen eine Lautheit von 2,2 bis 2,4 Sone. Verbauen wir zwei zusätzliche ausblasende Lüfter am Deckel, ein einblasendes Modell im Seitenteil und drosseln wir die Drehzahl aller Silent Wings 2, registrieren wir ähnliche Werte: Mit 55,7 °C respektive 82,8 °C erwärmen sich Prozessor und Grafikchip minimal stärker, der Boost-Takt fällt um 4 MHz. Dafür sinkt aber auch die Lautheit auf 2,0 bis 2,3 Sone. Beide Varianten bieten also Vor- und Nachteile, angesichts des höheren Materialaufwands bei der Verwendung von fünf statt zwei Lüftern, ist für die meisten PC-Nutzer aber wahrscheinlich der Betrieb mit zwei flotteren Ventilatoren interessanter.

Als Nächstes greifen wir zur GTX 1060 von Asus, die sich in Doom mit zwei flotten Lüftern auf 58,0 °C erwärmt und einen Boost-Takt von 2.025 MHz hält. Die CPU erreicht mit 58,1 °C das gleiche Temperaturniveau, der PC ist mit 1,5 bis 1,7 Sone zu hören, aber noch nicht störend. Nun satteln wir auf fünf Silent-Lüfter mit einem einblasenden Silent Wings 2 im Seitenteil um: Die CPU- und GPU-Temperatur legt um rund 2 Kelvin zu, der Boost-Takt sinkt leicht um 13 MHz. Mit 0,9 bis 1,1 Sone ist der PC aber erheblich leiser, der Unterschied ist auch ohne Messgerät klar auszumachen. In diesem Fall lohnt sich der Einsatz zusätzlicher Lüfter und deren Drosselung.

Weniger ist mehr

Bevor Sie ein Gehäuse vorschnell mit Lüftern vollstopfen, sollten Sie nicht vergessen, dass nur die Abwärme abgeführt werden muss, die entsteht. Wie PC Games Hardware im Monatsheft regelmäßig zeigt, ist es durch Maßnahmen wie das Absenken von CPU- und GPU-Spannung oder auch das manuelle Begrenzen der Framerate auf einen für Sie akzeptablen Wert bei vielen Spiele-PCs möglich, die Leistungsaufnahme unter Last um über 50 Watt zu senken. Neben der Lautheit und Abwärme senken Sie so auch die Stromkosten, weshalb sich fortgeschrittene Anwender diese Möglichkeit keinesfalls entgehen lassen sollten. *(pr/sw)*

Damit ein offen gestalteter Deckel nennenswert zur Systemkühlung beiträgt, sollte er mit Lüftern bestückt werden. Sonst entweicht in der Praxis kaum Abwärme.



Beim Define S haben Sie die Wahl, ob Sie die Dämmwirkung eines geschlossenen Seitenteils oder einen zusätzlichen Gehäuselüfter (etwa Silent Wings) bevorzugen.

Fazit — PC Games Hardware

Real World Gaming

Die Grafikkarte als schwierig leise zu kühlende Komponente sollte Vorrang bei der Erstellung eines Kühlkonzepts haben. Sonst sind Lüfterlärm, Leistungsrückgänge oder gar Stabilitätsprobleme die unerwünschte Folge, wie unsere Ergebnisse zeigen.

Aufrüsten? Übertakten!

Ihre Grafikkarte ächzt unter der Last von Battlefield 1 & Co.? Sie denken ans Aufrüsten? Das muss nicht sein, in vielen Grafikkarten steckt großes Taktpotenzial – wir verraten, wie Sie es ausschöpfen.

In den vergangenen Jahren machten PC-Spiele nicht nur eine sichtbare grafische Entwicklung durch, mit der neuen Pracht zogen auch die Systemanforderungen drastisch an. Wer schon etwas länger dabei ist, erinnert sich womöglich an die Zeit zwischen 2005 und etwa 2009: Bis auf wenige Ausreißer lief, so schien es, jedes Spiel auf jedem PC. Die Dominanz der damaligen Konsolen Xbox 360 und Playstation 3, deren Spiele breitflächig auch auf dem PC erschienen, dominierten die (geringen) Anforderungen. Nun, da die Nachfolge-Konsolen sich etabliert haben, hört man wieder vielerorts die Grafikkarten keuchen. Wir verraten Ihnen, wie Sie Ihren Pixelschubser am besten beschleunigen.

Übertakten: Sinn & Zweck

Overclocking (dt. Übertaktung) beschreibt den Vorgang, rechnende PC-Bauteile gezielt außerhalb des Werkszustandes zu betreiben, um eine höhere Leistung zu erzielen. Diese Idee ist uralt, schon lange vor der Jahrtausendwende gaben findige Nutzer ihren Grafikkarten und Prozessoren die Sporen. In der Neuzeit – heute – ist es einfacher denn je, die eigene Hardware zu optimieren: Diverse hochentwickelte Software inklusive Spannungsänderung und -überwachung erledigt das, was früher BIOS-Ausflüge, Lötkolben oder Leitlack taten.

Wie fast alles im Leben gibt es einen Haken: Overclocking (kurz „OC“) lässt Ihren Garantieanspruch im Falle eines Defekts erlöschen. Dennoch erfreut sich OC großer Beliebtheit, da der Effekt oft spürbar ist und den Aufrüstdrang somit effektiv mindert. In Abhängigkeit von den Faktoren Kühlung, Mut und Glück sind beachtliche Leistungsgewinne mit derselben Hardware möglich.

Vor dem Takten: kühlen!

Beim Übertakten ist gute Kühlung ein Grundpfeiler des Erfolgs. Sowohl Radeon- als auch Geforce-Grafikkarten halten ihren Maximaltakt (GPU-Boost) nur, solange die Kühlung es erlaubt. Starke Kühldesigns der Boardpartner Asus, MSI, Sapphire & Co. regeln die Lüfter automatisch hoch, um unter der voreingestellten Temperaturgrenze zu bleiben. Bei Geforce-Chips seit der 600er-Reihe sowie den neuesten Radeons der RX-400-Serie dürfen Sie die Temperaturgrenze erweitern, wir raten jedoch aufgrund des dadurch höheren Stromverbrauchs und der größeren Hitzebelastung der Bauteile davon ab – verstärken Sie besser die Kühlung. Neben der Möglichkeit, die Lüfterdrehzahl in Tools zu erhöhen oder einen anderen Kühler nachzurüsten, wirkt auch ein Durchzug im Gehäuse beziehungsweise ein Seitenwandlüfter wahre Wunder.

Das richtige Werkzeug

Wie erwähnt, sind heutzutage alle Übertaktungsmaßnahmen über entsprechende Software unter Windows möglich. PC Games Hard-

ware rät beim Übertakten zum MSI Afterburner, da dieses Programm mit allen Radeon- und Geforce-Modellen der vergangenen Jahre zusammenarbeitet und regelmäßig kostenlose Updates erhält. In diesem Kontext sind vor allem die neuesten Errungenschaften erwähnenswert: Seit der Version 4.3.0 Beta 14 werden auch die neuesten Grafikkarten Nvidia Titan X (Pascal) sowie Radeon RX 480/470/460 (Polaris) voll unterstützt. Derartige Updates sind wichtig, um nicht nur Zugriff auf die Taktregler zu erhalten, sondern auch jene für Spannung und Powerlimit.

Zusätzlich bietet der Afterburner umfangreiche Überwachungsfunktionen: Im Hauptmenü werden in Echtzeit die Taktraten für GPU und Speicher sowie Temperaturen und weitere Vitalfunktionen eingeblendet. In den Optionen des Programms (Klick auf „Settings“) dürfen Sie hinter dem Reiter „Monitoring“ bei den meisten Grafikkarten weitere Punkte überwachen. Von besonderem Interesse ist die „GPU voltage“, die Kernspannung des Grafikprozessors. Bei den folgenden Eingriffen ist es gut, hier stets mit einem Auge draufzuschauen, um die Wirksamkeit der Tuning-Kniffe zu prüfen.

Übertakten einer Radeon

Radeon-Grafikkarten seit der HD-7000-Reihe verfügen über spezielle Schaltungen innerhalb des Grafikchips, welche die Temperatur und Stromstärke überwachen. Übersteigen beide oder einzelne Parameter die festgelegten Grenzwerte, taktet sich die Grafikkarte herunter, um innerhalb dieser Limits zu bleiben. Zu Anfang, also wenn Sie ein Spiel starten, sind alle Bauteile kühl, was eine geringe Leistungsaufnahme zur Folge hat und es der Grafikkarte ermöglicht, ihren höchsten Boost-Takt (Maximalfrequenz) zu nutzen. Fortlaufende Erwärmung während des Spielens führt zu einer höheren Leistungsaufnahme, Leckströme nehmen zu. Infolgedessen gerät der Takt bei vielen Grafikkarten ins Wanken, die GPU passt ihre Frequenz und die anliegende Spannung dynamisch an. Der Speichertakt hingegen bleibt bei allen modernen Grafikkarten unter Last konstant auf dem „High Performance“-Powerstate.

Mitunter drosselt eine Grafikkarte direkt nach dem Start eines Spiels, manchmal auch gar nicht. Welcher Fall eintritt, hängt von den Eigenheiten Ihrer Lieblingsspiele und denen Ihrer Grafikkarte ab. So heizen einige Spiele stärker als andere. Im PCGH-Testlabor haben sich Risen 3, Anno 2070, The Witcher 3 und Far Cry 4 als Spitzenreiter hervorgetan, die meisten Radeon-GPUs können ihren Boost hier nicht halten, während Crysis 3, Battlefield 4, Skyrim und viele andere Titel kein Problem darstellen.

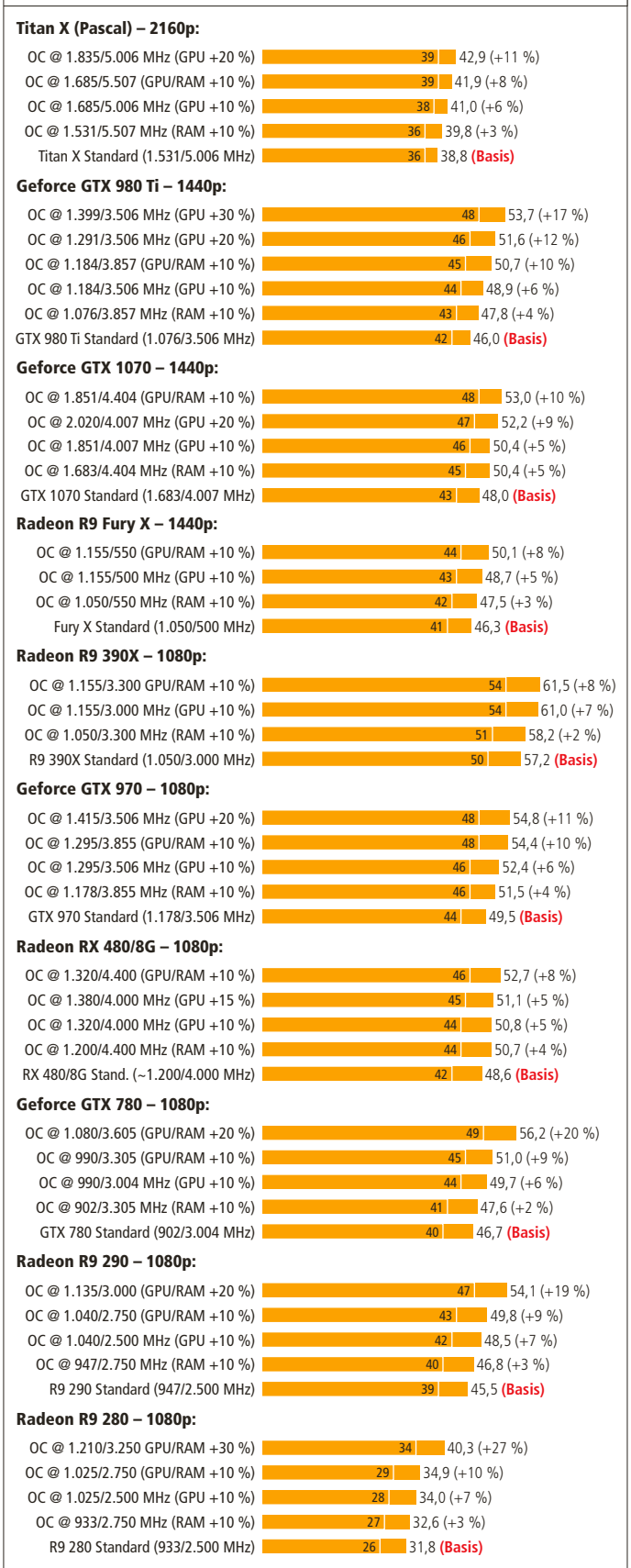
Ob das Powerlimit der begrenzende Faktor ist, erkennen Sie ganz einfach: Drosselt Ihre Grafikkarte den Takt trotz niedriger Kerntemperatur – alles unter 80 °C ist als niedrig anzusehen –, ist das der Fall. Dagegen hilft, das Powertune-Limit zu erhöhen, das Sie im Overdrive-/Wattman-Menü der Radeon Settings (neue AMD-Treiber) respektive dem Catalyst Control Center (alte Treiber) einstellen. Mit +20 Prozent hält erfahrungsgemäß jede Karte ihren Takt, wird dabei jedoch heißer und lauter. Radeon-Modelle auf Basis der neuesten AMD-GPUs erlauben sogar +50 Prozent Powerlimit, doch das sollten Sie keinesfalls ohne wirklich starke Kühlung einstellen! Das kommt daher, dass ein erhöhtes Powerlimit der Grafikkarte einen Freifahrtschein dafür erteilt, selbstständig eine höhere Kernspannung einzustellen und zu halten.

Übertakten einer Geforce

Auch Geforce-Grafikkarten arbeiten seit einigen Generationen mit einer hardwareinternen Power-Kontrolle, dem Powertarget. Wer eine Geforce der 600er-Reihe oder neuer besitzt, sollte die Eigenheiten der daran hängenden, automatischen Übertaktung namens GPU-Boost kennen. Erhöhen Sie in einem Overclocking-Tool wie dem MSI Afterburner das Powertarget (in Prozent) und die Kernspannung Ihrer Grafikkarte (in Volt) bis zum Anschlag, fällt der Boost ein bis drei Stufen à 13 MHz höher aus als vor diesem Eingriff. Das liegt daran, dass der Boost bis zu einer im Grafikkarten-BIOS hinterlegten Grenze an der Spannung hängt.

Wir raten Ihnen dazu, zunächst die Maximalwerte bei Spannung und

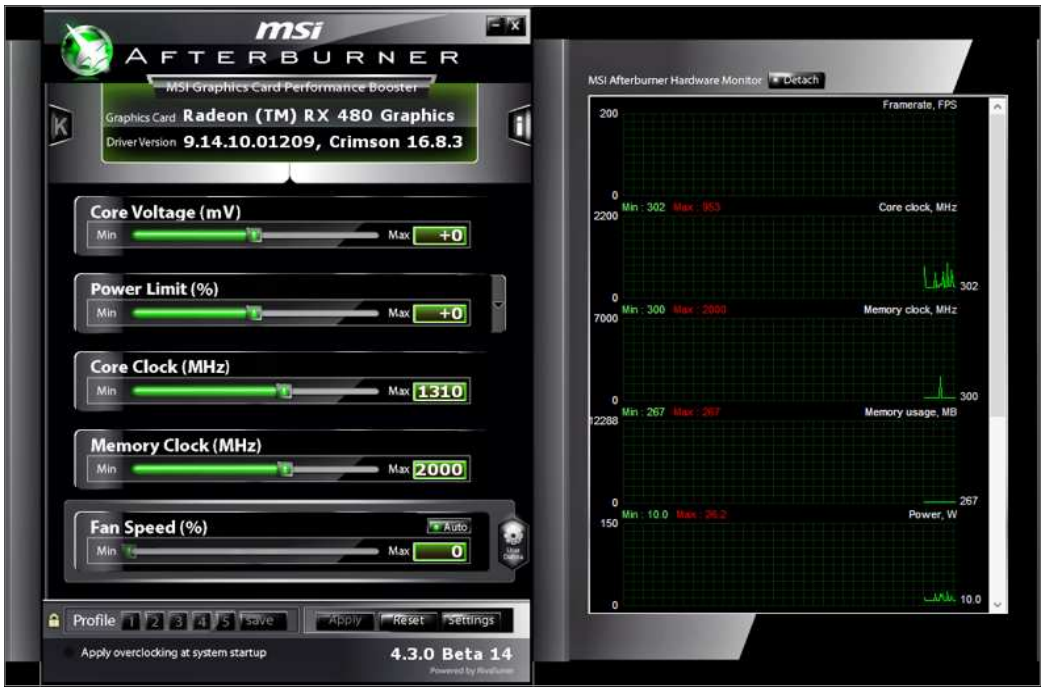
Overclocking-Test mit 10 Grafikkarten (Crysis 3)



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-2800, Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Alle Tests in 1080p inklusive 4× SMAA/16:1 HQ-AF; Angaben in MHz. Die Übertaktung der GPU bringt meistens mehr als die des Speichers.

Min. Ø Fps
▶ Besser

Power Limit einzustellen und diese dann in einem Spiel zu prüfen. Hier zeigt sich schnell, in welchen Takt der kleine Eingriff mündet. Erst dann sollten Sie die Taktregler betätigen. Letztere funktionieren per Offset (Versatz), das heißt, die von Ihnen eingetragenen Zahlen werden auf den automatischen Boost addiert. Ein Beispiel: 1.342 MHz automatischer Boost, wie er beispielsweise auf einer Geforce GTX 970/980 vorkommt, plus ein Offset von +100 MHz resultiert in einem Kerntakt von 1.442 MHz – bis die GPU-Temperatur stufenweise über die hinterlegten Schwellenwerte klettert und der Boost somit um je einen Taktschritt gesenkt wird. Das tritt beispielsweise ab circa 65 °C Kerntemperatur ein.



Der MSI Afterburner ist die Allzweckwaffe, um eine beliebige Radeon- oder Geforce-Grafikkarte zu übertakten. Seit Version 4.3 Beta 14 werden auch die Modelle Radeon RX 480/470/460 sowie Titan X (Pascal) vollumfänglich unterstützt.

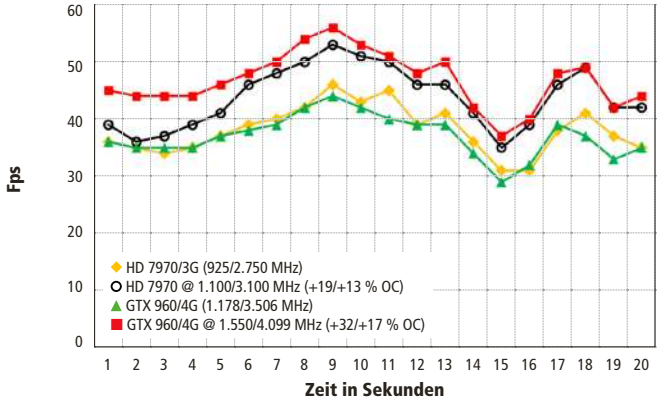
Gezielt kaufen und tunen

Grafikkarten, die am Rande des technisch Möglichen gebaut sind, weisen geringere OC-Reserven auf als Mittelklasse-Chips. In jeder GPU-Generation gibt es Modelle, die mit einem geringen Grundtakt spezifiziert werden und sich daher prozentual stark übertakten lassen. Zu diesen Modellen zählt beispielsweise die erste Version der Radeon HD 7950, welche mit 800 MHz arbeitet. Gute Kühlung vorausgesetzt, stecken mindestens 1.000, meist sogar 1.100+ MHz in der GPU. Des Potenzials war sich damals auch Hersteller AMD bewusst, denn die später nachgeschobenen Modelle Radeon HD 7950 Boost und R9 280 nutzen den gleichen Chip, takten aber schon ab Werk mit 925 respektive 933 MHz. 1.150 MHz sind bei guten Exemplaren möglich, sofern das Kühlsystem der Abwärme Herr wird. Prozentual vergleichbare Ergebnisse erzielen die R9 270 und HD 7870, welche sich normalerweise problemlos mit mehr als 1,1 GHz Kerntakt betreiben lassen.

Gute Nachrichten auch für Besitzer echter Render-Rentner wie der Geforce GTX 460/470: Dank des relativ niedrigen Grundtakts sind hier überdurchschnittliche Steigerun-

Watch Dogs: RAM-Fresser von 2014 beschleunigt

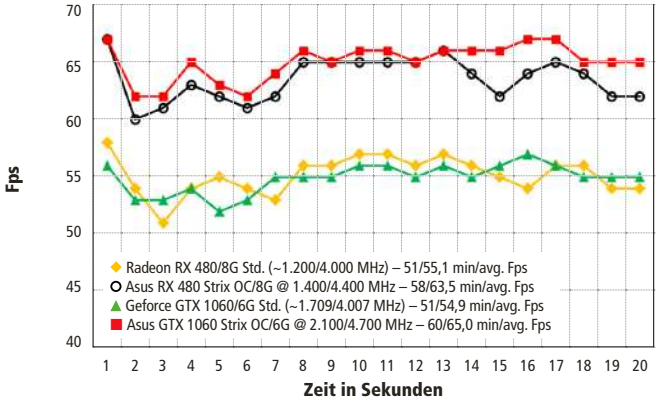
Watch Dogs, Ultra-Detail, 1.920 × 1.080, T-SMAA/16:1 Treiber-AF – „On the run"



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-3000, Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Wir übertakten beispielhaft zwei Grafikkarten bis an den Rand des Möglichen – ohne Spannungserhöhung. Derartige Takterhöhungen (siehe Klammern) bringen fühlbare Fps-Gewinne.

Battlefield 1: GTX 1060 und RX 480 getunt

Battlefield 1 (Open Beta), 2.560 × 1.440, TAA/Ingame-AF – „Desert Storm"



System: Core i7-6700K @ 4,5 GHz (45 × 100, L3 @ 4,5 GHz), Z170, 2 × 8 GiB DDR4-3000, Windows 10 x64 **Bemerkungen:** Battlefield 1 lief bereits im Beta-Status erstaunlich flüssig. Die aktuelle Mittelklasse performt erwartungsgemäß gut – und wird mithilfe einer manuellen Übertaktung noch besser.

SCYTHE
GRAND KAMA CROSS 3
- Einzigartiges X-Struktur Design für hervorragende Kompatibilität
- Je zwei 6mm und 8mm Heatpipes
- Sägezahnprofil der Kühllamellen minimiert Verwirbelungen für reduzierte Betriebsgeräusche und Strömungswiderstand

Radeon Wattman: RX 480/470/460 unter Kontrolle

Besitzer einer brandneuen Radeon der RX-400-Reihe (Polaris-Generation) benötigen kein Zusatzprogramm, um ihre Grafikkarte auszufahren, denn der Treiber hat hier alles an Bord. Wir stellen den „Wattman" vor, das nur auf Polaris-GPUs verfügbare OC-Menü der Radeon-Software.

Monitoring 1

Öffnen Sie den Wattman, startet sogleich die Echtzeit-Überwachung der GPU-Aktivität („Activity"), des gerade gesetzten Kerntakts („GPU") und Speichers („Memory") sowie selbstverständlich auch das Monitoring der Kerntemperatur („Temperature") und Lüfterdrehzahl. Die grafisch unterstützte Überwachung wird nicht kontinuierlich, sondern etwa alle drei Sekunden aktualisiert. Zusätzlich können Sie unter „Durchschn." einen Mittelwert anzeigen lassen.

GPU: Takt und Spannungen regeln 2

Ab Werk stehen hier alle Werte auf „Auto", werden also automatisch verwaltet. Ziehen Sie den orangefarbenen Regler nach rechts, werden die Frequenzen aller sieben Powerstates erhöht. Besser, Sie klicken einmal auf „Frequenz (%)", dann erhalten Sie Zugriff auf alle Taktstufen. Beim Spielen sind nur die hinteren beiden interessant. Ein Klick auf den Takt lässt Sie den gewünschten Wert (Zahl) eintippen. Direkt darunter ist die verwendete Spannung – hier können Sie ergo nicht nur over-, sondern auch undervolten.

Speicher: Takt & Controller-Spannung 3

Beim RAM erfolgt die Regelung ähnlich wie bei der GPU, allerdings haben Sie nur Zugriff auf den höchsten Powerstate. Dieser wird beim Spielen verwendet; es gibt hier keine dynamische Taktanpassung. Ziehen Sie an den runden Enden der Regler, wird der Speichertakt erhöht – bei einer RX 480 sind statt 4.000 bis zu 4.500 MHz möglich. „Spannungsregelung (mV)" bezieht sich auf den Speicher-Controller innerhalb der GPU. Eine höhere Spannung kann in vielen Fällen einen höheren Speichertakt nutzbar machen.

Belüftung und Powerlimit 4

Fan & Temperature: Diese beiden Untermenüs sind für fruchtbares Overclocking keineswegs optional, sondern elementar. Während Sie links (gelb) die Lüfterdrehzahl bzw. den Spielraum zwischen zwei Drehzahlen festlegen können, beziehen sich die roten Optionen auf die zulässige Kerntemperatur sowie das Powerlimit. Letzteres limitiert beim OC oft. Gewöhnlich ist ein Plus von höchstens 20 Prozent ausreichend, um stets den Maximalboost zu halten – sofern die Temperatur unter 80 °C liegt.

NEU!

BYAKKO SCBYK-1000 白虎 CPU COOLER
- Kompakte 130mm Bauhöhe
- Schnelle und einfache Montage
- Versetzte Bodenplatte für maximale Speicherkompatibilität

SCYTHE

Overclocking-Potenzial von 63 Grafikkarten seit 2009

	Standardtakt*	OC-Takt/Boost (Durchschnitt)	OC-Takt mit verstärkter Kühlung**
Nvidia Geforce			
Titan X (Pascal)	1.418/1.531/5.006 MHz	1.800/5.400 MHz	1.900/5.500 MHz
Geforce GTX 1080	1.607/1.733/5.006 MHz	1.898/5.400 MHz	2.012/5.500 MHz
Geforce GTX 1070	1.506/1.683/4.007 MHz	1.898/4.300 MHz	2.012/4.500 MHz
Geforce GTX 1060	1.506/1.709/4.007 MHz	1.898/4.300 MHz	2.012/4.500 MHz
Geforce GTX Titan X	1.002/1.076/3.506 MHz	1.300/3.800 MHz	1.400/3.900 MHz
Geforce GTX 980 Ti	1.002/1.076/3.506 MHz	1.300/3.800 MHz	1.400/3.900 MHz
Geforce GTX 980	1.126/1.216/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.550/4.099 MHz
Geforce GTX 970	1.050/1.178/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.500/4.001 MHz
Geforce GTX 960	1.126/1.178/3.506 MHz	1.400/3.800 MHz	1.500/4.001 MHz
Geforce GTX 950	1.024/1.188/3.305 MHz	1.400/3.500 MHz	1.500/3.800 MHz
Geforce GTX Titan Black	889/980/3.500 MHz	1.100/3.700 MHz	1.200/3.900 MHz
Geforce GTX Titan	837/876/3.004 MHz	1.006/3.300 MHz	1.097/3.500 MHz
Geforce GTX 780 Ti	876/928/3.500 MHz	1.100/3.700 MHz	1.250/3.900 MHz
Geforce GTX 780	863/902/3.004 MHz	1.058/3.400 MHz	1.110/3.600 MHz
Geforce GTX 770	1.046/1.085/3.500 MHz	1.202/3.800 MHz	1.254/4.002 MHz
Geforce GTX 760	980/1.033/3.004 MHz	1.150/3.500 MHz	1.202/3.703 MHz
Geforce GTX 750 Ti	1.020/1.084/2.700 MHz	1.250/3.000 MHz	1.300/3.200 MHz
Geforce GTX 680	1.006/1.058/3.004 MHz	1.202/3.300 MHz	1.254/3.500 MHz
Geforce GTX 670	915/980/3.004 MHz	1.202/3.400 MHz	1.254/3.600 MHz
Geforce GTX 660 Ti	915/980/3.004 MHz	1.071/3.300 MHz	1.150/3.500 MHz
Geforce GTX 660	980/1.033/3.004 MHz	1.097/3.400 MHz	1.150/3.500 MHz
Geforce GTX 580	772/1.544/2.004 MHz	850/1.700/2.200 MHz	900/1.800/2.300 MHz
Geforce GTX 570	732/1.464/1.900 MHz	800/1.600/2.200 MHz	850/1.700/2.300 MHz
Geforce GTX 560 Ti	822/1.645/2.004 MHz	900/1.800/2.200 MHz	950/1.900/2.300 MHz
Geforce GTX 560	810/1.620/2.004 MHz	850/1.700/2.200 MHz	900/1.800/2.300 MHz
Geforce GTX 480	701/1.402/1.848 MHz	800/1.600/2.000 MHz	850/1.700/2.100 MHz
Geforce GTX 470	608/1.215/1.674 MHz	700/1.400/1.800 MHz	800/1.600/1.900 MHz
Geforce GTX 460	675/1.350/1.800 MHz	800/1.600/2.000 MHz	900/1.800/2.200 MHz
AMD Radeon			
Radeon RX 480/8G	1.120/1.266/4.000 MHz	1.300/4.200 MHz	1.350/4.500 MHz
Radeon RX 480/4G	1.120/1.266/3.500 MHz	1.300/3.900 MHz	1.350/4.200 MHz
Radeon RX 470	920/1.206/3.300 MHz	1.300/3.600 MHz	1.350/4.000 MHz
Radeon RX 460	1.090/1.200/3.500 MHz	1.300/3.800 MHz	1.350/4.200 MHz
Radeon R9 Fury X	1.050/500 MHz	1.100/525 MHz	1.150/550 MHz
Radeon R9 Fury	1.000/500 MHz	1.100/525 MHz	1.150/550 MHz
Radeon R9 Nano	850-1.000/500 MHz	konstant 1.000/500 MHz	1.100/550 MHz
Radeon R9 390X	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz	1.150/3.400 MHz
Radeon R9 390	1.000/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz	1.150/3.400 MHz
Radeon R9 380X	970/2.850 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 380/4G	970/2.850 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 380/2G	970/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R7 370	975/2.800 MHz	1.050/3.000 MHz	1.150/3.200 MHz
Radeon R9 290X	727/1.000/2.500 MHz	1.100/2.800 MHz	1.200/3.000 MHz
Radeon R9 290	662/947/2.500 MHz	1.100/2.700 MHz	1.150/3.000 MHz
Radeon R9 280X	850/1.000/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz	1.150/3.500 MHz
Radeon R9 285	918/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.200 MHz
Radeon R9 280	850/933/2.500 MHz	1.100/2.800 MHz	1.150/3.000 MHz
Radeon R9 270X	1.000/1.050/2.800 MHz	1.150/3.000 MHz	1.200/3.100 MHz
Radeon R9 270	900/925/2.800 MHz	1.050/3.000 MHz	1.150/3.200 MHz
Radeon R7 265	900/925/2.800 MHz	1.050/3.000 MHz	1.150/3.100 MHz
Radeon R7 260X	1.100/3.250 MHz	1.200/3.400 MHz	1.250/3.500 MHz
Radeon HD 7970 GHz Edition	1.000/1.050/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz	1.150/3.500 MHz
Radeon HD 7970	925/2.750 MHz	1.050/3.000 MHz	1.100/3.300 MHz
Radeon HD 7950	800/2.500 MHz	1.000/2.900 MHz	1.100/3.000 MHz
Radeon HD 7870	1.000/2.400 MHz	1.100/2.800 MHz	1.200/2.900 MHz
Radeon HD 7850	860/2.400 MHz	1.000/2.700 MHz	1.100/2.800 MHz
Radeon HD 7790	1.000/3.000 MHz	1.150/3.300 MHz	1.200/3.500 MHz
Radeon HD 7770	1.000/2.250 MHz	1.100/2.500 MHz	1.150/2.600 MHz
Radeon HD 6970	880/2.750 MHz	930/3.000 MHz	950/3.100 MHz
Radeon HD 6950	800/2.500 MHz	900/2.700 MHz	950/2.900 MHz
Radeon HD 6870	900/2.100 MHz	930/2.400 MHz	1.000/2.500 MHz
Radeon HD 6850	775/2.000 MHz	850/2.400 MHz	950/2.500 MHz
Radeon HD 5870	850/2.400 MHz	950/2.600 MHz	1.000/2.700 MHz
Radeon HD 5850	725/2.000 MHz	850/2.400 MHz	900/2.600 MHz

* GPU-Basistakt/GPU-Boost/Speicher respektive GPU/Shader/RAM bei GTX 400/500 ** Nach Möglichkeit mit in OC-Tools erhöhter Spannung

gen möglich. Die GTX 460 gehört zu den am besten übertaktbaren Grafikkarten der letzten Jahre, viele Chips laufen aus dem Stand mit +20 % (810 MHz), einige nehmen sogar die 900-MHz-Marke (+33 %). Das ändert zwar nichts daran, dass die GTX 460 für moderne Spiele mit allen Details viel zu schwach ist, bringt jedoch fühlbar bessere Bildraten auf Ihren Bildschirm.

Eher schlecht übertakten lassen sich die Modelle Radeon R9 390(X) und Fury X: Hier handelt es sich um die erwähnten Beispiele, welche werkseitig bereits am Limit gebaut wurden. Die großen, mit 28 Nanometer Strukturbreite gefertigten Chips verbrauchen viel Energie, was in hoher Abwärme resultiert, die aufwendig abgetragen werden muss. Erst kalt gestellt ist der Weg zu Frequenzen um 1.100 bis 1.150 MHz frei – ausgehend von den 1.000 bis 1.050 MHz Standardtakt ist der Fps-Sprung jedoch nur in Einzelfällen fühlbar.

Das waren nur ein paar Beispiele, die große Tabelle verrät Ihnen das Taktpotenzial aller relevanten Spieler-Grafikkarten der vergangenen sieben Jahre. Orientieren Sie sich ruhig an diesen Frequenzen, beachten Sie dabei jedoch, dass jede Grafikkarte ein Unikat ist: Da jedes Exemplar unterschiedliche elektrische Eigenschaften aufweist, gibt es keine Garantie für einen spezifischen Takt. Immerhin lässt sich beinahe jede Grafikkarte ohne Zusatzmaßnahmen um zehn Prozent beschleunigen. Wer seinen Pixelschubser wirklich ans Limit treiben möchte, sollte nicht nur gute Kühlung sicherstellen, sondern benötigt darüber hinaus Programme, welche die Spannung des Grafikchips und/oder dessen Speicher anheben können. *(ns/rv)*

Fazit

Grafikkarten-Übertaktung

Overclocking kann die Leistung fühlbar erhöhen. Doch es gibt einen Haken: Es geschieht auf eigene Gefahr und lässt – zumindest auf dem Papier – Ihre Garantieansprüche erlöschen. Maßvolles OC in Kombination mit starker Kühlung minimiert das Defektrisiko, eine schnellere Alterung der Komponente tritt dennoch ein.

MASTER **WORLDS.**

SMART COMMUNICATION RGB GAMING KEYBOARD

Das voll ausgestattete Keyboard setzt auf vernetzte Kommunikation und bildet aus Mobiltelefon, Tablet und Zubehör eine unschlagbare Allianz. Stelle Dein Mobiltelefon oder Tablet in den Docking-Slot, egal ob horizontal oder vertikal – und mache es zu einem Teil Deiner Kommandozentrale. Nehme Anrufe ganz einfach per Tastendruck auf dem Skeltr an und telefoniere komfortabel über Dein PC-Headset. Schreibe Handy-Nachrichten direkt auf dem Keyboard. Hast Du Deine Musik auf dem Handy? Dann nutze Dein mobiles Gerät als Audioquelle und höre Deine liebsten Tracks über Dein PC-Headset. Oder lasse die Companion-Apps Deiner Spiele auf Deinem Handy laufen - und vieles mehr. Mach Schluss mit dem lästigen Jonglieren zwischen Handy und Computer, unerwünscht langen Spielpausen und mühseligem Tippen auf unkomfortablen Handytastaturen. Skeltr – **Master Worlds.**

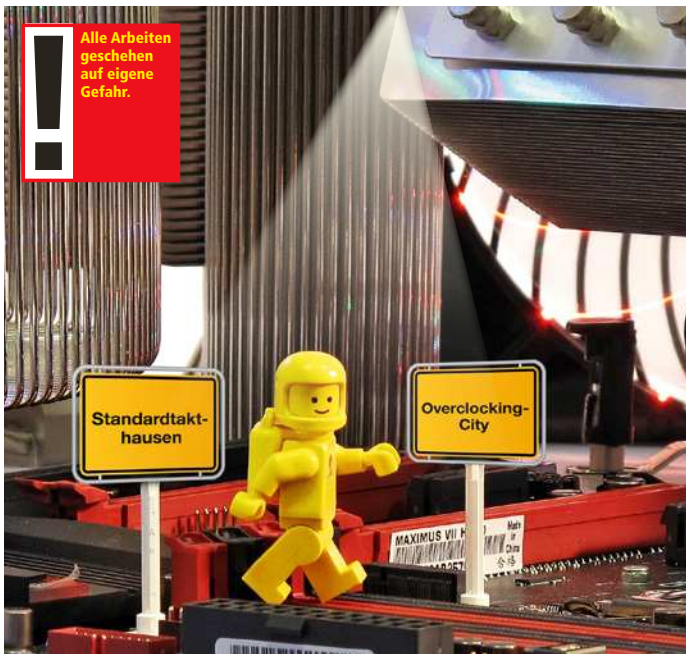
ROCCAT SKELTR

SMART COMMUNICATION
RGB GAMING KEYBOARD

ERHÄLTLICH IN
WWW.ROCCAT.ORG/SKELTR

Prozessor ausreizen

In jeder CPU stecken Reserven, die für mehr Leistung oder eine niedrigere Leistungsaufnahme und manchmal beides gleichzeitig genutzt werden können.



Die Überlegung ist einfach – mehr Takt, mehr Leistung. In der Praxis gibt es beim Prozessor-Tuning aber einiges zu beachten.

Wann lohnt sich CPU-OC?

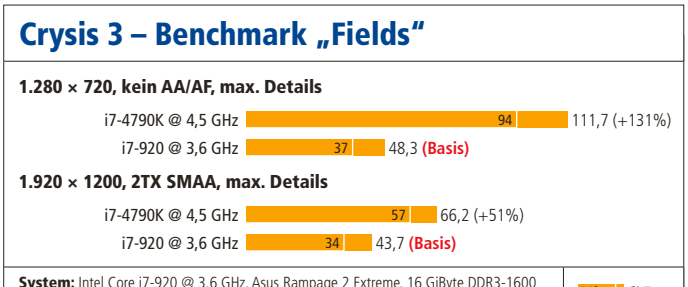
Wenn ein Spiel nicht so flüssig läuft wie gewünscht, gibt es unterschiedliche Ursachen. Das klingt banal, ist aber wichtig, um zu verstehen, dass das Übertakten (oder Aufrüsten) des Prozessors nicht immer hilft. Ob die CPU oder nicht doch die Grafikkarte das Spielerlebnis trübt, lässt sich einfach herausfinden. Betrachten Sie die Benchmarks auf dieser Seite: Für Starcraft 2 ist die gewählte Auflösung nicht relevant: Der auf 4,6 GHz übertaktete Core i7-4790K setzt seine Rohleistung in eine höhere Framerate um und ist stets rund 80 Prozent flotter als der wesentlich ältere, auf 3,6 GHz beschleunigte Core i7-920. In Bioshock: Infinite hingegen schrumpft der Vorsprung von über 90 Prozent in 1.280 × 720 auf rund 10 Prozent in 2.720 × 1.700 zusammen. Anders als in Starcraft 2 wird die Radeon R9 290X in höheren Auflösungen also zum Bremsklotz. Das System mit dem i7-920 liefert in 1.920 × 1.200 und 1.280 × 720 praktisch gleich viel Fps, läuft also trotz verringerter Grafiklast nicht besser. Die Schlussfolgerung: Der Core i7-920 begrenzt die Framerate.

Durch das Herabsetzen der Auflösung lässt sich also aufzeigen, ob der Prozessor mehr Fps liefern könnte, als die Grafikkarte berechnet. Bleibt das Fps-Plus aus, stehen die Chancen gut, dass das Übertakten der CPU hilft. Im konkreten Beispiel liefert der Chip allerdings durchgehend über 70 Fps, Bioshock: Infinite läuft also gut spielbar auf dem bereits 8 Jahre alten Prozessor. In Crysis 3 zeigt sich ein ähnliches Bild, mit gesenkter Grafiklast setzt sich der übertaktete i7-4790K sehr stark ab. Da der übertaktete i7-920 aber stellenweise weniger als 40 Fps liefert, würden PC-Spieler in diesem Fall von einer weiteren Takterhöhung oder einer Aufrüstung profitieren.

Die Voraussetzungen

Damit ein Prozessor nach dem Anheben des Kerntakts stabil läuft, muss früher oder später die Spannung erhöht werden. Beide Maßnahmen erhöhen die Abwärme und den Energiebedarf. Sie benötigen ein vernünftig dimensioniertes Netzteil – ein Markengerät mit rund 500 Watt Leistung ist für Systeme mit einer Grafikkarte meist ausreichend – und eine Prozessorkühlung mit Reserven. Eine Wasserkühlung ist optimal, aber auch mit Luftkühlern lassen sich tolle Ergebnisse erzielen. Ein

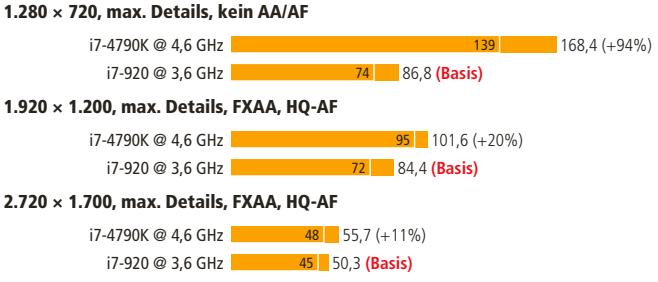
Crysis 3 – Benchmark „Fields"



System: Intel Core i7-920 @ 3,6 GHz, Asus Rampage 2 Extreme, 16 GiByte DDR3-1600 RAM/Intel Core i7-4790K @ 4,5 GHz, Asus X-97-K, 8 GiByte DDR3-2133 RAM; Sapphire R9 290X Tri-X OC **Bemerkungen:** Crysis 3 profitiert sehr deutlich von dem Upgrade.

Min. Ø Fps
▶ Besser

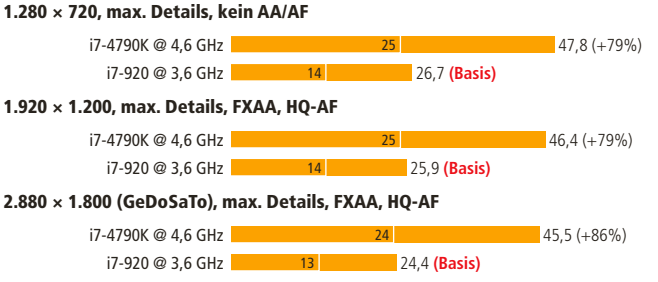
Bioshock: Infinite – Benchmark „New Eden"



System: Intel Core i7-920 @ 3,6 GHz, Asus Rampage 2 Extreme, 16 GiByte DDR3-1600 RAM/Intel Core i7-4790K @ 4,5 GHz, Asus Z97-K, 8 GiByte DDR3-2133 RAM; Sapphire R9 290X Tri-X OC **Bemerkungen:** Mit DS sind die Unterschiede nur auf Papier sichtbar.

Min. Ø Fps
▶ Besser

Starcraft 2 HotS – Benchmark „Veteranen"



System: Intel Core i7-920 @ 3,6 GHz, Asus Rampage 2 Extreme, 16 GiByte DDR3-1600 RAM/Intel Core i7-4790K @ 4,5 GHz, Asus Z97-K, 8 GiByte DDR3-2133 RAM; Sapphire R9 290X Tri-X OC **Bemerkungen:** Flüssig oder nicht – die CPU macht den Unterschied.

Min. Ø Fps
▶ Besser

Turmkühler mit mindestens einem 120-mm-Ventilator ist die sinnvolle Untergrenze zum Übertakten. Mit kleinen Kühlern sollten Sie sich auf Overclocking ohne Spannungserhöhung beschränken. Meistens unbrauchbar sind Boxed-Kühler, die AMD und Intel ihren Produkten beilegen.

Speziell für Overclocking zugeschnitten sind AMD-Prozessoren mit dem Namensbestandteil „Black Edition“ und Intel-Chips, die den Titel „Extreme Edition“ oder ein „K“ am Ende der Produktbezeichnung tragen. Bei diesen Modellen lässt sich der CPU-Takt durch das Anheben des Multiplikators leicht justieren. Es ist dadurch nicht erforderlich, durch das Anheben des Referenztakts auch andere Systembestandteile zu übertakten. Eine wichtige Rolle spielt außerdem das Mainboard. Es muss nicht nur die Tuning-Optionen im BIOS-Menü bieten, sondern gerade für das Übertakten von Prozessoren mit vier oder mehr Kernen auch eine gute Spannungsversorgung. Aus Spargründen fehlen auf manchen günstigen Mainboards Kühlkörper auf den Spannungswandlern. Falls die nahe des CPU-Sockels gelegenen Bauteile keine Kühlkonstruktion aufweisen, sollten Sie auf das Anheben der Kernspannung verzichten; die Gefahr ist hoch, dass sich das System bei Volllast wegen Überhitzung ausschaltet oder gar ein Defekt auftritt.

Kein Hexenwerk

Das Übertakten selbst ist mittlerweile denkbar einfach (aber trotzdem nicht risikolos!): Mit lediglich zwei Parametern, nämlich der Kernspannung und dem Multiplikator, lassen sich die meisten Prozessoren für den Hausgebrauch fast vollständig ausreizen. Am besten heben Sie den Multiplikator im BIOS-Menü um eine Stufe an, prüfen kurz die Stabilität und erhöhen den Multiplikator dann erneut. Bricht der Stabilitätstest oder bereits der Windows-Bootvorgang ab, ist es meistens Zeit für eine Spannungserhöhung. Eine Anhebung um 0,050 Volt steigert fast immer das OC-Potenzial.

Mit wachsendem Takt benötigt die CPU immer häufiger einen Schuss mehr Spannung (siehe Tabellen auf der Folgeseite). Achten Sie daher auf die Temperatur. Beim Übertakten für den Alltagsnutzen überwiegen die Nachteile starker Überspannung (Abwärme, Leistungsaufnahme, Defektrisiko) meist das Leistungsplus. Es ist daher oft sinnvoll, sich mit einer Luftkühlung auf etwa 10-15 Prozent Überspannung und mit einer Wasserkühlung auf 15-20 Prozent zu beschränken. Unter Volllast sollte die Kerntemperatur aktueller Intel-Prozessoren bei unter 80 °C bleiben; bei AMD-Chips liefern die internen Sensoren häufiger zu niedrige, unglaubwürdige Werte aus – hier sind oft schon rund 60 °C die Obergrenze.

Da es für jede Plattform im Detail unterschiedliche Dinge zu beachten gibt, lohnt sich ein Blick auf die Anleitungen unter www.pcgh.de/cpu-oc. Dort können Sie auch Fragen stellen, die ganz konkret Ihr verwendetes Setup betreffen.

Tipps zum Austesten

Auf die Schnelle lässt sich ein Prozessor zum Beispiel mit Cinebench R15 auf Stabilität testen. Das Programm benötigt auf aktuellen Systemen kaum eine Minute und gibt einen Punktwert aus – je schneller das System, desto höher. Wird der CPU-Takt gedrosselt, weil der Prozessor zu heiß läuft, wirkt sich dies auf das Ergebnis aus. Das Programm liefert in kurzer Zeit Feedback, ob Sie auf dem richtigen Weg sind. Gründlicher ist ein Test mit Prime95 (Vorsicht: große Hitzeentwicklung, speziell im fordernden Testmodus „Small FFTs“!). Falls Ihr System so konfiguriert ist, dass bei Teillast, etwa der Auslastung nur eines Kerns, ein besonders hoher Turbo-Takt anliegt, sollten Sie Testprogramme zusätzlich auch so konfigurieren, dass Voll- und Teillast vorliegt; sonst drohen in der Praxis Abstürze. Die Kerntemperaturen lassen sich mit Software wie CPUID Hwmonitor, Aida64 oder Coretemp auslesen.

Die minimale Leerlaufspannung für Undervolting – dazu mehr im nächsten Abschnitt – lässt sich naturgemäß nicht mit einem Stabilitätstest ausloten. Eine relativ gute Möglichkeit zum Austesten besteht allerdings darin, möglichst viele Lastwechsel vorzunehmen, da dies am ehesten zu einem Absturz führt.

Nützliche Links

- **www.pcgh.de/cpu-oc** Hier gibt es viele ausführliche Anleitungen zum Übertakten von Prozessoren – von Core 2 und Athlon 64 bis hin zu Haswell und Skylake.
- **www.pcgh.de/stabil** Tipps zum Austesten der Stabilität
- **www.hwbot.org** Übertakter aus der ganzen Welt präsentieren ihre erzielten Ergebnisse in unzähligen Benchmarks – egal ob 25 Jahre alter 486-Prozessor oder Multi-Sockel-Server. Ranglisten und Wettbewerbe motivieren zum Ausreizen der Komponenten.
- **www.pcgh.de/hwbot** Die Heimat des Hwbot-Teams von PC Games Hardware, einem der erfolgreichsten Overclocking-Teams der Welt. Hier gibt es Tipps zum Einstieg bei Hwbot und Hilfe beim Übertakten.

Ein leistungsfähiger (Doppel-)Turmkühler wie der Be quiet Dark Rock Pro 3 bietet sich an, wenn Übertakten mit angehobener Kernspannung ansteht. Ohne Kühlleistungsreserven wird der Prozessor sonst schnell zu heiß.

Durch das Übertakten steigt die Leistungsaufnahme. Knapp dimensionierte und veraltete Netzteile können den OC-Erfolg verhindern. Aktuelle Geräte wie Seasonics neue Prime-Modelle garantieren eine stabile Stromversorgung und hohe Energieeffizienz.

Core i7-6700K: Spannungsskalierung von 1,050 bis 1,350 Volt

Kern-/Cache-Spannung (UEFI-Menü)	Auto (ca. 1,23 Volt)*	1,050 Volt	1,100 Volt	1,150 Volt	1,200 Volt	1,250 Volt	1,300 Volt	1,350 Volt
Max. Kern-/Cache-Takt (Cinebench R15)	3.900 MHz (kein OC)	3.900 MHz	4.100 MHz	4.300 MHz	4.400 MHz	4.500 MHz	4.600 MHz	4.700 MHz
Max. Kern-/Cache-Takt (Prime95 Small FFTs)	3.900 MHz (kein OC)	3.900 MHz	4.100 MHz	4.300 MHz	4.400 MHz	4.500 MHz	4.600 MHz	4.600 MHz
Leistungsaufnahme (Leerlauf, P95-Takt)	55 Watt (0,8 GHz, 0,75 V)	58 Watt	59 Watt	61 Watt	63 Watt	65 Watt	74 Watt	76 Watt
Leistungsaufnahme (Cinebench R15)	129 Watt	106 Watt	114 Watt	123 Watt	133 Watt	144 Watt	156 Watt	169 Watt
Leistungsaufnahme (Prime95 Small FFTs)	160 Watt	126 Watt	140 Watt	151 Watt	161 Watt	183 Watt	202 Watt	218 Watt
Kerntemperatur (Leerlauf, P95-Takt)	17,0 °C (0,8 GHz, 0,75 V)	17,5 °C	17,6 °C	18,1 °C	17,9 °C	18,9 °C	19,5 °C	20,0 °C
Kerntemperatur (Prime95 Small FFTs)	53,3 °C	41,1 °C	44,8 °C	52,1 °C	55,6 °C	62,4 °C	70,3 °C	75,0 °C
Punkte in Cinebench R15 bei max. Takt	861	861	907	937	965	985	1.010	1.031
Punkte pro Watt (Cinebench R15, max. Takt)	6,67	8,12	7,96	7,62	7,26	6,84	6,47	6,10

System: Asus Z170 Deluxe (UEFI 0504), 2 x 8 GiByte DDR4-2133 (12-12-12-36 1T), Geforce GT 640, Wasserkühlung mit Koolance CPU-380I und Alphacool Nexxxos Monsta 420; Win 8.1 Pro U1, CPUID Hwmonitor v1.28 **Bemerkungen:** Die auf 20 °C Raumtemperatur normierten Kerntemperaturen sind zu niedrig und dürften real 5 bis 10 Kelvin höher liegen.

* entspricht „Optimized Defaults" ohne „Asus Multicore Enhancement"

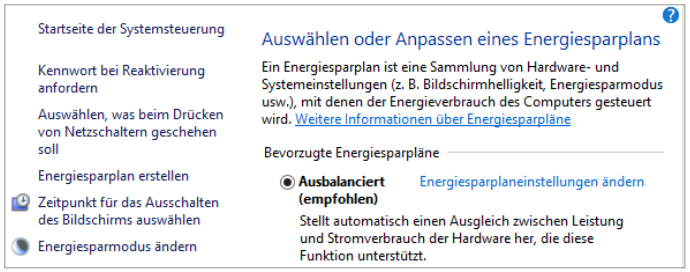
Core i5-6600K: Spannungsskalierung von 1,100 bis 1,400 Volt

Kern-/Cache-Spannung (UEFI-Menü)	Auto (ca. 1,22 Volt)*	1,100 Volt	1,150 Volt	1,200 Volt	1,250 Volt	1,300 Volt	1,350 Volt	1,400 Volt
Max. Kern-/Cache-Takt (Cinebench R15)	3.900 MHz (kein OC)	4.300 MHz	4.400 MHz	4.600 MHz	4.700 MHz	4.700 MHz	4.800 MHz	4.800 MHz
Max. Kern-/Cache-Takt (Prime95 Small FFTs)	3.900 MHz (kein OC)	4.200 MHz	4.400 MHz	4.500 MHz	4.600 MHz	4.700 MHz	4.700 MHz	4.800 MHz
Leistungsaufnahme (Leerlauf, P95-Takt)	58 Watt (0,8 GHz, 0,85 V)	66 Watt	67 Watt	69 Watt	79 Watt	81 Watt	84 Watt	87 Watt
Leistungsaufnahme (Cinebench R15)	115 Watt	108 Watt	116 Watt	129 Watt	138 Watt	147 Watt	158 Watt	172 Watt
Leistungsaufnahme (Prime95 Small FFTs)	146 Watt	131 Watt	144 Watt	157 Watt	171 Watt	189 Watt	204 Watt	225 Watt
Kerntemperatur (Leerlauf, P95-Takt)	16,1 °C (0,8 GHz, 0,85 V)	17,1 °C	17,6 °C	18,5 °C	18,8 °C	19,8 °C	21,3 °C	21,7 °C
Kerntemperatur (Prime95 Small FFTs)	44,1 °C	37,3 °C	41,1 °C	45,7 °C	50,5 °C	56,3 °C	61,4 °C	68,9 °C
Punkte in Cinebench R15 bei max. Takt	651	712	727	761	776	776	790	790
Punkte pro Watt (Cinebench R15, max. Takt)	5,66	6,59	6,27	5,90	5,62	5,28	5,00	4,59

System: Asus Z170 Deluxe (UEFI 0504), 2 x 8 GiByte DDR4-2133 (12-12-12-36 1T), Geforce GT 640, Wasserkühlung mit Koolance CPU-380I und Alphacool Nexxxos Monsta 420; Win 8.1 Pro U1, CPUID Hwmonitor v1.28 **Bemerkungen:** Die auf 20 °C Raumtemperatur normierten Kerntemperaturen sind zu niedrig und dürften real 5 bis 10 Kelvin höher liegen.

* entspricht „Optimized Defaults" ohne „Asus Multicore Enhancement"

Strom sparen und clever übertakten – so geht's



Der „Adaptive Mode" greift nur, wenn der Last-Takt einer Turbo-Stufe entspricht, die über dem Basistakt liegt. Grundsätzlich wichtig: Takt und Spannung werden im Leerlauf nur gesenkt, wenn nicht „Höchstleistung" in den Energieoptionen eingestellt ist.

Weniger Abwärme, geringere Stromkosten – wie das geht, erläutern wir am Beispiel des Core i7-5820K. Undervolting kostet keine Rechenleistung und kann sogar mit Overclocking kombiniert werden. Beachten Sie, dass abhängig von der Prozessorarchitektur und dem Mainboard bestimmte Funktionen nicht zur Verfügung stehen oder einen anderen Namen tragen.

Alles auf Standard

Bevor man CPU-Undervolting betreibt, sollte man sich die Standardkonfiguration genau ansehen. Die anliegenden Taktfrequenzen und Spannungen, die Kerntemperaturen sowie die Leistungsaufnahme und Leistungsdaten des Systems sind die Parameter, an denen sich erfolgreiche Undervolting-Maßnahmen und auf Effizienz ausgerichtetes Tuning messen lassen müssen; sie unterscheiden sich von System zu System, selbst wenn die gleichen Komponenten verbaut sind.

Nach dem Laden der „Optimized Defaults" im UEFI-Menü des Asus Rampage V Extreme lassen wir das System im Windows-Betrieb einpendeln. Nach kurzer Zeit ist eine Leistungsaufnahme von 79 Watt bei 1,2 GHz und 0,79 Volt Kernspannung erreicht. Bei Auslastung aller vier Kerne durch x264 HD registrieren wir 177 Watt bei 3,6 GHz und 1,14 Volt. Der Turbo-Takt liegt damit bereits etwas höher als von Intel vorgesehen; bei vielen Mainboards wird standardmäßig der Multiplikator für den höchsten Singlecore-Turbo auch bei Auslastung aller vorhandener Kerne angelegt.

CORSAIR
ML SERIES

Unsere Neue Magnetschwebetechnologie
> Magnetlager
> Maßgeschneidertes Rotordesign
> Farbanpassung
> Lebendige LED-Beleuchtung
corsair.com

Bei CPUs mit einer hohen Leistungsaufnahme (z. B. i7-5820K mit 140 Watt TDP) ist Undervolting besonders interessant.

Nun loten wir aus, wie stark die Kernspannung abgesenkt werden kann, bis es zu Instabilität kommt. Dafür setzen wir die Kernspannung im „Manual Mode" ausgehend von 1,14 Volt schrittweise herab. Unser Chip benötigt mindestens 1,06 Volt, sonst drohen Bluescreens. Die Absenkung führt zu einer um 13 Watt verringerten Leistungsaufnahme – allerdings nur unter Last, denn im „Manual Mode" liegt die gewählte Kernspannung durchgehend an. Im Leerlauf benötigt unser System daher 3 Watt mehr.

Dies lässt sich durch die Veränderung der Kernspannung anhand eines Offset-Werts verhindern. Mit ihm lässt sich durch die Wahl des Vorzeichens „-" oder „+" bestimmen, ob ein bestimmter Betrag von der im Leerlauf und unter Last anliegenden Standardspannung abgezogen oder hinzugefügt werden soll. Unser i7-5820K läuft ohne Optimierung unter Last mit 1,14 Volt, tatsächlich erforderlich sind aber nur 1,06 Volt. Diese Differenz, also „-0,080 Volt" ist der passende Offset-Wert. Im Leerlauf liegen nun lediglich 0,71 Volt bei 1,2 GHz an, das System gibt sich mit 78 Watt zufrieden. Unter Last verzeichnen wir wie zuvor niedrige 1,06 Volt und erneut 164 Watt.

Das ist gegenüber der Standardkonfiguration zwar ein Fortschritt, aber noch nicht optimal: Ob im Leerlauf eine niedrigere Kernspannung als 0,71 Volt ausreicht, können wir nicht austesten. Bei einer stärkeren Absenkung fällt nämlich die Spannung im Lastbetrieb unter das erforderliche Minimum. Abhilfe schafft die von Asus „Adaptive Mode" getaufte Möglichkeit, die Kernspannung für den Leerlauf- und Lastbetrieb unabhängig voneinander zu justieren. Es handelt sich um einen Offset-Modus, der um die Option „Additional Turbo Mode CPU Core Voltage" erweitert wurde. Hier können wir ähnlich wie im „Manual Mode" die Kernspannung eintragen, die unter Last anliegen soll. Der wichtige Unterschied besteht aber darin, dass die Spannung wie im Offset-Modus im Leerlauf gesenkt wird und der eingetragene Offset mit dem unter Last gewünschten Wert verrechnet wird.

Der „Adaptive Mode" ist damit besonders für Overclocking interessant, denn so lässt sich eine niedrige Leerlaufspannung mit einer erhöhten Lastspannung kombinieren. Beispiel: Für die PCGH-Konfiguration nutzen wir einen Offset von -0,110 Volt. Mit der resultierenden Minimalspannung (0,68 Volt) erreichen wir den Bestwert im Leerlauf, nämlich 77 Watt. Die „Additional Turbo Mode CPU Core Voltage" setzen wir auf 1,240 Volt. So liegen unter Last rechnerisch 1,130 Volt (effektiv rund 1,14 Volt) an, was für stabile 3,9 GHz ausreicht. Die Leistungsaufnahme liegt mit 183 Watt zwar 6 Watt über der Ausgangsbasis, die Energieeffizienz ist aufgrund der zusätzlichen 300 MHz aber besser.

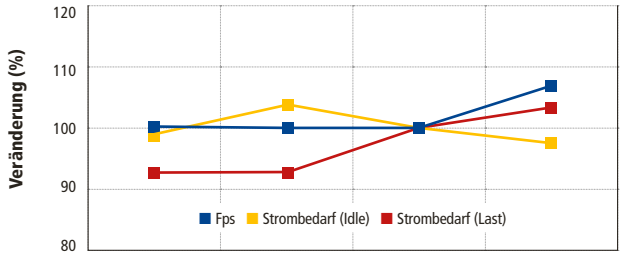
Einfach Strom sparen

Undervolting-Reserven können Sie mit geeigneten BIOS-Optionen bei allen Prozessoren nutzen. Folgende Ergebnisse haben wir mit anderen beliebten Modellen erreicht:

- Core i7-4770K: 1,02 statt 1,12 Volt unter Last, 11 Watt Ersparnis
- Core i7-3770K: 0,98 statt 1,12 Volt unter Last, 16 Watt Ersparnis
- Core i7-2600K: 1,11 statt 1,22 Volt unter Last, 12 Watt Ersparnis
- FX-8350: 1,22 statt 1,33 Volt unter Last, 23 Watt Ersparnis *(sw)*

Undervolting mit Haswell-E (Core i7-5820K)

Windows-Desktop und x264 HD (Ultra HD, 50 Mbps)



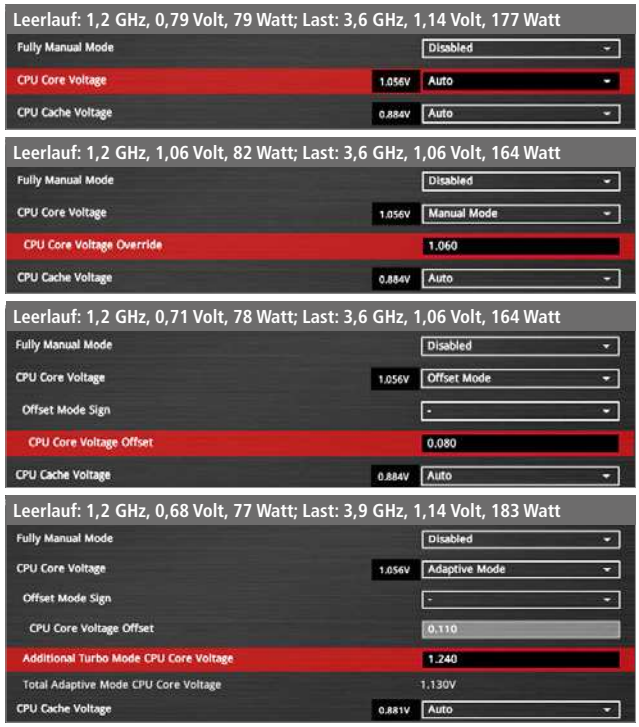
	Offset -0,080 V	Manual 1,060 V	Standard	PCGH-optimiert
Vcore (Idle)	0,71 Volt	1,06 Volt	0,79 Volt	0,68 Volt
Takt (Idle)	1.200 MHz	1.200 MHz	1.200 MHz	1.200 MHz
Strombedarf (Idle)	78 Watt	82 Watt	79 Watt	77 Watt*
Vcore (Last)	1,06 Volt	1,06 Volt	1,14 Volt	1,14 Volt
Takt (Last)	3.600 MHz	3.600 MHz	3.600 MHz	3.900 MHz
Strombedarf (Last)	164 Watt	164 Watt	177 Watt	183 Watt
x264 HD	7,18 Fps	7,18 Fps	7,18 Fps	7,67 Fps
Effizienz (x264 HD)	22,8 Watt pro Fps	22,8 Watt pro Fps	24,7 Watt pro Fps	23,9 Watt pro Fps
Kerntemp. (Last)	36,8 °C	36,8 °C	38,0 °C	38,9 °C

System: Asus Rampage V Extreme, 4 × 4 GiB DDR4-2400, Geforce GT 640, Wasserkühlung; Win 8.1 Pro 64 Bit

* „Multicore Enhancement" im UEFI-Menü deaktiviert – sonst höhere Leistungsaufnahme im Leerlauf

Die Konfiguration im UEFI-Menü

Hier sehen Sie die Einstellungen im UEFI-Menü des Asus Rampage V Extreme für folgende Undervolting-Modi (von oben nach unten): Standard, Manual 1,060 Volt, Offset -0,080 Volt, PCGH-optimiert (adaptiv)



CORSAIR GAMING
VOID SURROUND DOLBY
High Performance Gaming Headset
> USB Dolby 7.1-Adapter
> Dauerhafter Tragekomfort
> Kompatibel mit PC/PS4/Xbox One/Mobilgeräten
corsair.com

Wasserkühlungs-Sets

Modulare Wasserkühlungen sind zweifelsohne die Königsklasse der PC-Kühlung. Wir prüfen, ob Komplettpakete einen günstigen Sprung ins kühle Nass erlauben.

Komplettwasserkühlungen wie Arctics Liquid Freezer 240 sind günstige Alternativen für alle, denen ein High-End-CPU-Luftkühler nicht reicht. Sie können aber nichts gegen zu heiße oder laute Grafikkarten bewirken. Erweiterbare Verwandte wie Alphacools Eisbaer bieten mehr Möglichkeiten, aber für die perfekte Kühlung des gesamten Systems braucht es eine modulare Wasserkühlung. Berichte über Anschaffungskosten von teilweise über 500 Euro sind aber abschreckend und die Zusammenstellung eines eigenen, kostenoptimierten Kreislaufs vor allem für Anfänger eine anspruchsvolle Aufgabe. Fertige Komplett-Sets sollen die aufwendige Recherche ersparen, Fehler verhindern und gleichzeitig einen leichten Preisvorteil gegenüber dem Einzelkauf bieten -- Zeit für einen umfassenden Vergleich!

Rahmenbedingungen

Sind die enthaltenen Komponenten optimal aufeinander und auf die Anforderungen potenzieller Käufer abgestimmt? Für unsere Tests versammeln wir Kits von allen auf dem deutschen Markt aktiven Herstellern modularer Komplettkits mit Ausnahme von Thermaltake, deren Pacific-Sets nur selten und zu unangemessen hohen Preisen verfügbar sind. Vormontierte Kombinationen aus Radiator, Pumpe und Ausgleichsbehälter ohne Kühler (u. a. Aquacomputer, Koolance oder Watercool) und vorgefüllte Kompaktwasserkühlungen lassen wir unberücksichtigt, da sie sich an andere Zielgruppen richten und vor allem die Montage vereinfachen wollen.

Testauswahl

Pakete mit CPU-Kühler, Radiator, Ausgleichsbehälter, Pumpe und natürlich Lüftern und Zubehör werden in großer Zahl angeboten – schließlich produzieren die meisten Hersteller gleich mehrere Varianten der Grundkomponenten, sodass viele Kombinationsmöglichkeiten entstehen. Wir konzentrieren uns auf eher günstige Kühlungen, die einen 2×120-mm-Radiator bieten und deren Pumpe für Erweiterungen gerüstet erscheint. Die maßgeblich durch die Radiatorgröße definierte Leistungsklasse ist so gewählt, dass alle Kandidaten auf Augenhöhe antreten und in ihren Platzansprüchen mit den meisten bislang getesteten Kompaktwasserkühlungen vergleichbar sind.

Wer eine Grafikkarte in den Kreislauf einbinden möchte, sollte dagegen von Anfang an über eine Komplettkit-Variante mit 3×120-mm-Radiator (oder größer) nachdenken beziehungsweise einen zusätzlichen 1×120-mm-Radiator erwerben.

Standardtests ...

Jeder Testteilnehmer muss seine Stärken bei 100, 75 und 50 Prozent der Maximaldrehzahl seiner Serienlüfter beweisen und zusätzlich mit unseren Be-Quiet-Silent-Wings-Referenzlüftern. Den Leistungswerten gegenübergestellt wird die jeweils erzeugte Lautheit. Für einen direkten Vergleich führen wir zusätzlich eine Messung mit Serienlüftern bei der 1,0 Sone entsprechenden Drehzahl durch. Getrennt gemessen wird die Lautheit der Pumpen – bitte beachten Sie, dass diese im Ultra-Silent-Betrieb einen wichtigen, zusätzlichen Beitrag zur Geräuschkulisse liefern können.

... und Zusatzmessungen

Eine modulare Wasserkühlung ist nicht nur im Aufbau, sondern auch in ihren Möglichkeiten komplexer als eine Kompaktwasserkühlung. Wir erfassen daher zusätzlich die durchschnittliche Temperatur des Wassers (Mittelwert vor/nach dem CPU-Kühler) sowie dessen Fließgeschwindigkeit, um Rückschlüsse auf die Erweiterungsmöglichkeiten zu ziehen. Setzt man diese Werte in Bezug zueinander, ist auch eine Einschätzung der Einzelkomponenten möglich – aber Vorsicht: Die unterschiedlichen Kreisläufe schränken die Vergleichbarkeit ein.

Weitere Zusatzmessungen analysieren den Regelbereich der Pumpen. Standardwert für die normalen Temperaturtests ist hierbei die maximale Pumpenleistung, sofern der Hersteller nicht explizit auf Regelmechanismen verweist. Den Gegenpol bietet der leiseste spezifizierte Betriebsmodus oder, wenn die normalen Messungen gedrosselt durchgeführt wurden, die Maximalleistung. Eine Ausnahme machen wir nur für XSPCs Ion Pump, da diese selbst bei minimaler Leistung noch stärker ist als drei Viertel der Konkurrenz bei 100 Prozent.

Da einige Angebote für modulare Wasserkühlungen extrem leise bleiben, ist unser Standardmessverfahren nur eingeschränkt geeignet, eine Rangfolge zu erstellen – die Messempfindlichkeit reicht weder zur Erkennung von Unterschieden im Bereich unter 0,1 Sone aus noch zur angemessenen Wiedergabe von Abständen zwischen Produkten im 0,1- und 0,2-Sone-Bereich. Silent-

Enthusiasten dringen mit Wasserkühlungen aber schnell in diese Region vor. Wir vermessen deswegen alle Pumpen zusätzlich bei einer halbierten Entfernung von 25 cm, was zu einem deutlicheren Signal am Messmikrofon führt.

Alphacool Nexxxos Cool Answer 240 D5/ST Set: Testsieger. Die beste Note sichert sich Alphacool – was bei einer genaueren Betrachtung der Komponenten wenig überrascht: Zum einen handelt es sich, mit satten 70 Euro Vorsprung gegenüber dem Zweitplatzierten, um das teuerste Kit im Test. Zum anderen wird dieses Geld aber auch in mehrere Premium-Produkte investiert. Wie die anderen Testteilnehmer auch stellt Alphacool mehrere einzeln erhältliche Produkte zusammen und gleich drei der leistungsrelevanten Komponenten haben in PCGH-Einzeltests überzeugt.

So gewann die namensgebende Nexxxos-Radiatorbaureihe zwei von drei PCGH-Radiatorentests. Insbesondere die 30 mm dicke ST-Ausführung fiel im 3×140-mm-Test durch ihre sehr gute Leistung bei niedrigen Drehzahlen auf – und auch in unserem Test mit Referenzlüftern macht Alphacool Plätze gut, wenn wir die Lüfter-Drehzahl von 1.200 U/min (75 %) auf 780 U/min (50 %) reduzieren. Wer es wirklich leise mag, erhält hier aber nicht nur den richtigen Radiator, sondern auch die passenden Lüfter selbst. Zwar tragen diese Alphacools Firmenlogo, sind aber technisch unveränderte OEM-Versionen der renommierten Noiseblocker Eloops, die in anderer Form die beste Leistungsnote aller 120-mm-Lüfter im PCGH-Testparcours beanspruchen. Die Exemplare im Cool-Answer-Set mit nominell 1.200 U/min sind dabei klar für den Silent-Betrieb ausgelegt und lassen sich bei Bedarf bis auf 400 U/min herunterregeln.

Gut zu diesem Wärmetauschersystem passt die Pumpe, Alphacools VPP665. In ihrer Basisversion besser bekannt als Loware/Laing D5, bietet sie eine der höchsten Maximalleistungen im Markt für modulare Wasserkühlungen – und eine der niedrigsten Minimallautstärken. Den Wechsel zwischen beiden ermöglicht ein Potenziometer auf der Rückseite der Pumpe, das auch Stellungen zwischen den fünf markierten Stufen zulässt. Zwar gibt es im unteren Leistungsbereich Pumpen, die bei gleichem Durchfluss leiser als eine heruntergeregelte D5 sind, und einige reine Power-Pumpen sind zumindest billiger – als Ausgangspunkt für eine flexible Erweiterung ist dieses Modell aber garantiert keine schlechte Wahl. Zusätzlich ist die schwere Pumpe eines der vibrationsschwächsten Modelle am Markt und kann, zumindest auf niedrigster Stufe, auch ohne Entkopplung verbaut werden. Alphacool nutzt diese Möglichkeit und montiert sie an einem Ausgleichsbehälter für zwei 5,25-Zoll-Schächte, in denen naturgemäß keine Entkopplung möglich ist. Das erleichtert den Einbau des Cool-Answer-Sets deutlich und ist in diesem Fall ohne große Nachteile möglich – zumindest wenn ein solides Gehäuse genutzt wird.

Schwierig gestaltet sich in dieser Position die Füllung des Ausgleichsbehälters. Ein ausziehbares Befüllrohr an der Vorderseite erspart zwar den Ausbau des 5,25-Zoll-Einschubs, aber diese einzige Befüllöffnung ist ihrerseits so klein, dass Wasser nur sehr langsam eingefüllt werden kann. Gießt man zu schnell, kommt es zu einem Rückstau und das Wasser tropft vor dem Gehäuse zu Boden. Außerdem beschränkt der Füllmechanismus den maximalen Füllstand, denn beim Öffnen und Schließen tritt Wasser aus, sobald der Wasserspiegel über der Rohr-Unterkante liegt. Da umgekehrt die Ansaugöffnung der Pumpe sehr hoch im Ausgleichsbehälter sitzt und somit leicht Luft angesaugt werden kann, ist ein Betrieb nur im schmalen Bereich zwischen 65 und 85 Prozent des maximalen Füllstandes möglich. Soll die Pumpe mit maximaler Leistung betrieben werden, sollte der Wasserspiegel sogar bei 70 Prozent liegen; die empfohlene Füllung auf 100 Prozent ist unmöglich. Passenderweise zeigt das sonst angemessene Handbuch auf den entsprechenden Seiten auch einen anderen Ausgleichsbehälter und vergisst, die Verwendung des beiliegenden ATX-Überbrückungssteckers zu erklären. Wer solche Erklärungslücken durch logisches Denken überwindet, erhält klar die hochwertigsten Komponenten.

Kühlleistung 1,0 Sone: Kaum Unterschiede

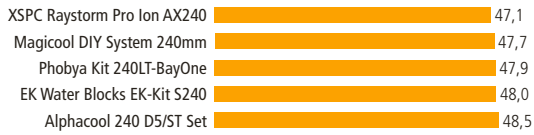
CPU-Temperatur; Core Damage, Serienlüfter auf 1,0 Sone eingeregelt

System: Xeon E5-2687W (150 W TDP), 3,4 GHz/1,068 V unter Last; GA-X79-UD7; Win 7; Core Damage; EKL Alpenföhn Permafrost; **Bemerkungen:** EKWB wegen Störgeräuschen an ZM-MFC3 analog geregelt. Phobya, Alphacool und XSPC allgemein nicht PWM-fähig.

°C
◀ Besser

Referenzlüfter: Klare Spezialisierung

CPU-Temperatur; Core Damage, 100 Prozent Lüfterdrehzahl Referenzlüfter



CPU-Temperatur; Core Damage, 75 Prozent Lüfterdrehzahl Referenzlüfter

CPU-Temperatur; Core Damage, 50 Prozent Lüfterdrehzahl Referenzlüfter

System: Xeon E5-2687W (150 W TDP), 3,4 GHz/1,068 V unter Last; Gigabyte X79-UD7; Win 7 SP1; Core Damage; EKL Alpenföhn Permafrost; **Bemerkungen:** Bei hohen Drehzahlen dominiert XSPCs AX240, bei niedrigen macht Alphacools ST30 mehrere Plätze gut.

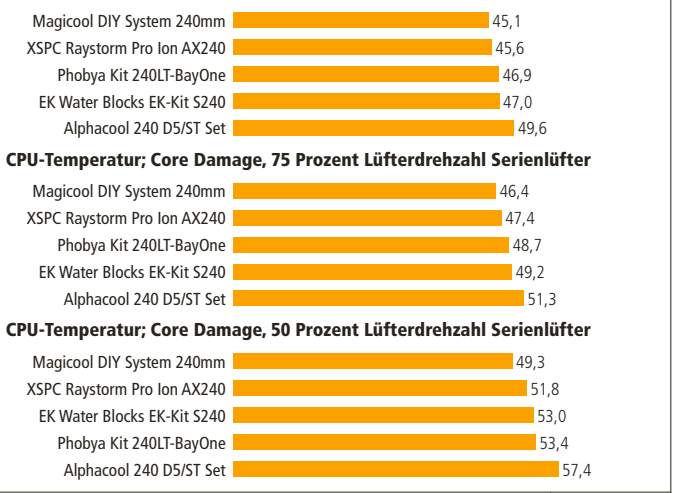
°C
◀ Besser

Alphacools Gewinnerkombination: Nexxxos ST30 (Testsieg PCGH 10/14), VPP 665 (D5-Derivat, Bestwerte PCGH 06/14), Eloops (Leistungs-Bestnote PCGH 06/15).

Vorsicht: Während des Verriegelns kann am Alphacool-Befüllstutzen Wasser austreten, wenn der Füllstand im Ausgleichsbehälter über dem hier gezeigten Niveau liegt.

EK Water Blocks EK-Kit S240: Gute Pumpe, guter Kühler, aber schlechte Lüfter. Auch der Zweitplatzierte im Test nutzt eine alte PCGH-Empfehlung – in diesem Fall den Preis-Leistungs-Tipp Supremacy MX als CPU-Kühler. Im Vergleich zum Einzeltest hat EK Water Blocks aber die Halterung überarbeitet, sodass jetzt auch AMD-Systeme unterstützt werden und die Montage auf Sockel-1156/1155/1150/1151-Mainboards leichter fällt, während Sockel-2011(-v3)-Nutzer auf den Luxus einer vormontierten Halterung verzichten müssen. Unverändert gut und dem Alphacool-Pendant überlegen ist die Kühlleistung, auch wenn der kleine Vorteil durch den etwas schwächeren Radiator gleich wieder aufgefressen wird. In der Praxis wichtiger für die effektive Leistung des EK-Water-Block-Kits sind die beiliegenden EK-Vardar-Lüfter. Damit verschenkt EKWB einiges an Potenzial. So ist der 4-Pin-PWM-Anschluss je nach Plattform unbrauchbar, da sich die Lüfter nicht weit herunterregeln lassen und vor allem weil sie an einigen Steuerungen PWM-Störgeräusche von sich geben. Im Falle unserer einfachen Zalman ZM-MFC3 steigt die Lautheit dadurch von 1,0 auf 1,6 Sone bei 1.200 U/min! Regelt

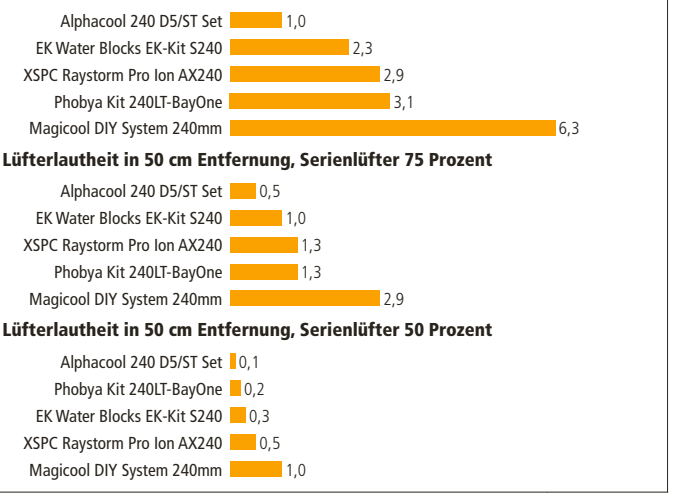
Serienlüfter: Lauteste am kältesten



System: Xeon E5-2687W (150 W TDP), 3,4 GHz/1,068 V unter Last; Gigabyte X79-UD7; Win 7 x64 SP1; Core Damage; EKL Permafrost; **Bemerkungen:** Gegen die Leistung hochdrehender Turbinen haben Silent-Lüfter keine Chance – gut kühlen tun sie dennoch.

°C
◀ Besser

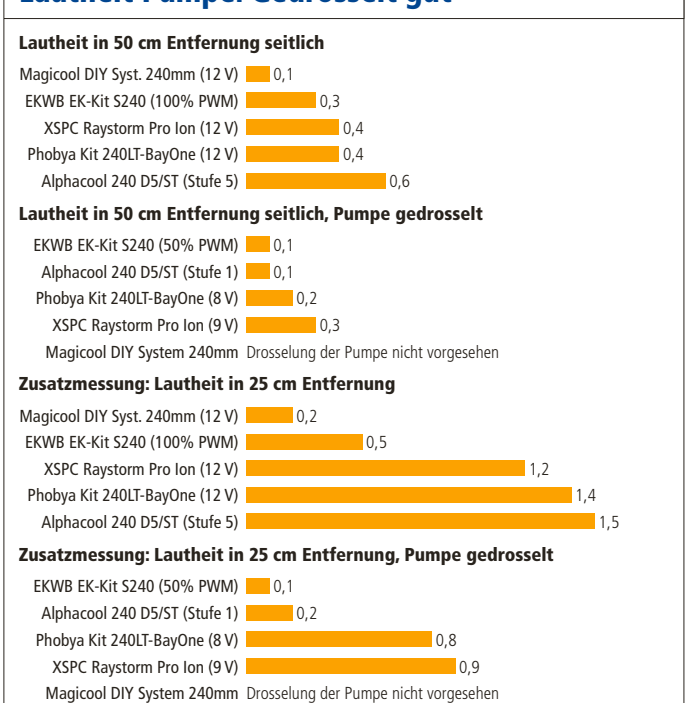
Serienlüfter: Alphacool sehr leise



System: Radiator freistehend, Messung frontal **Bemerkungen:** Phobya, Alphacool und XSPC nicht PWM-fähig. EKWB ebenfalls analog geregelt (Drosselung auf 50% via PWM z. T. nicht möglich, PWM-Störgeräusche führen zu 1,6 Sone bei 75 % an Zalman ZM-MFC3.)

Sone
◀ Besser

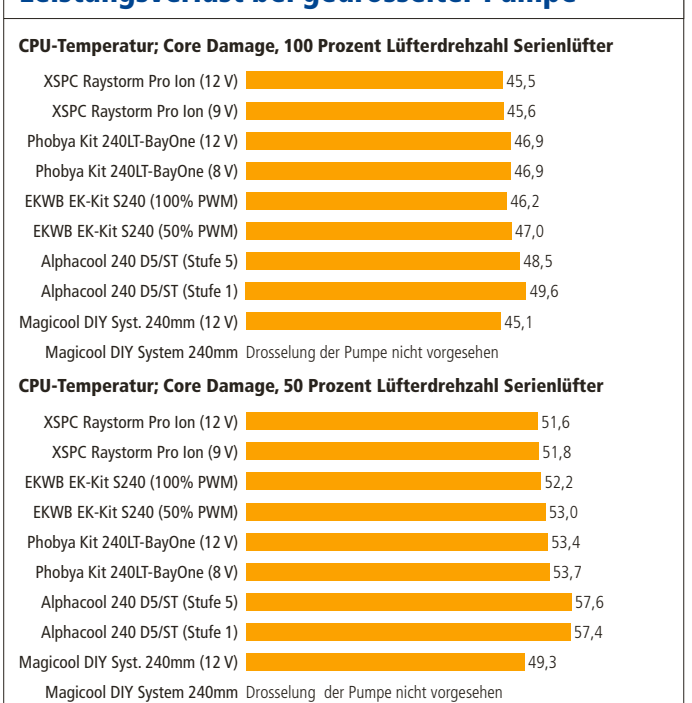
Lautheit Pumpe: Gedrosselt gut



Messung: Pumpe entkoppelt auf Schaumstoff. **Einstellungen für Temperaturtests:** Alphacool Stufe1; EKWB 50% PWM; Magicool 12 V; Phobya 12 V; XSPC 9 V **Bemerkungen:** Lautheit in verbautem Zustand ist abhängig von Entkopplung und Resonanzen.

Sone
◀ Besser

Leistungsverlust bei gedrosselter Pumpe



System: Xeon E5-2687W (150 W TDP), 3,4 GHz/1,068 V unter Last; Gigabyte X79-UD7; Win 7 x64 SP1; Core Damage; EKL Alpenföhn Permafrost; **Bemerkungen:** Eine Reduktion von Pumpleistung und damit Durchfluss hat nur wenig Einfluss auf die Kühlleistung.

°C
◀ Besser

man sie wie die klassischen 3-Pin-Lüfter der meisten Konkurrenten über die Spannung, entfällt zwar das nervtötende Pfeifen, das leise ratternde Kugellager erinnert aber daran, dass man es mit echten Hochleistungs- und nicht mit Silent-Lüftern zu tun hat. Immerhin: Die Leistung stimmt auch bei niedrigen Drehzahlen.

Ein echtes (Silent-)Highlight des EK-Kit S240 ist dagegen die Pumpen-Ausgleichsbehälter-Kombination EK-XRES 100 SPC-60 MX PWM. Obwohl die Eigenproduktion mit ihren optischen Ähnlichkeiten zur beliebten, deutlich teureren Laing/Lowara DDC eine billige Imitation erwarten lässt, ist sie trotz ebenfalls ratternder Laufcharakteristik die leiseste Pumpe im Test. Dank des 4-Pin-PWM-Anschlusses (ein Adapter auf SATA-Stromstecker liegt bei) lässt sie sich auch ausgesprochen leicht regeln. So wird beim von uns gewählten Kompromiss mit 50 Prozent PWM (1.570 U/min) selbst die Lautheit von Alphacools teurer VPP665 unterboten, und das ohne großen Leistungsnachteil. Die Pumpe lässt sich bei Bedarf auch noch weiter drosseln – unser Exemplar läuft bei 20 % PWM (320 U/min) an, ein offizieller Minimalwert fehlt aber im Handbuch. Dieses ist ansonsten das sorgfältigste im Test. Hier werden nicht nur alle wichtigen, sondern auch sehr viele weniger wichtige Aspekte behandelt: Wer sich schon immer gefragt hat, wie man dem im Betrieb sowieso nicht sichtbaren Kupfer der Kühlerbodenplatte zu neuem Glanz verhilft, wenn gerade kein säurebasierter Reiniger im Hause ist, der findet hier die Antwort (Cola oder Ketchup – kein Scherz).

XSPC Raystorm Pro Ion AX240 Water-Cooling Kit: Der Name ist Programm. Der Raystorm Pro ist nicht nur der leistungsfähigste Prozessorkühler im Test, sondern mit seinen beleuchteten Plexiglas-Einsätzen auch der optisch ansehnlichste. Die eigentliche Halterung besteht aber, im Gegensatz zur Nicht-Pro-Version, aus robustem Vollmetall, genauso wie der massive Kupferdeckel des eigentlichen Kühlers. Der Radiator und die Ausgleichsbehälter-Pumpen-Kombination greifen die solide Optik auf und verstecken sich in eleganten Aluminiumhüllen – im Falle des Ausgleichsbehälters leider ohne Abdichtung zum Plexiglasgefäß im Inneren. So muss man beim Befüllen aufpassen, dass kein Wasser in den Zwischenraum läuft.

Auch sonst ist die weiß beleuchtbare und mit der durchdachtesten Halterung im Testfeld ausgestattete Pumpeneinheit ein zweischneidiges Schwert. Neben der zweithöchsten Leistung im Testfeld bietet sie nämlich auch mit die höchste Lautheit – woran sich aufgrund des Molex-Steckers und der spezifizierten Anlaufspannung von 9 V auch nur wenig ändern lässt. Tatsächlich verlangt unser Exemplar mindestes nach 6,7 V; der Betrieb an einem 7-V-Adapter wäre also je nach Serienstreuung riskant. Ebenfalls keine Leisetreter sind die mit einem leichten Lagerrattern daherkommenden Lüfter.

Möchte man ohnehin eine etwas höhere Leistung abrufen, zeigt das Gespann dank des sehr leistungsfähigen Radiators aber, was in ihm steckt. Oberhalb von immer noch ruhigen 1,0 Sone zieht XSPC allen Konkurrenten davon und hat dank des gut mit schnelleren Lüftern skalierenden AX-240-Radiators die meisten Reserven für eine Erweiterung des Kreislaufs. Ebenfalls sehr gut und genauso einsteigerfreundlich wie bei EK Water Blocks ist die Anleitung. Zwar fehlen Tipps für den langfristigen Betrieb, zum Beispiel zum Ablassen von Wasser und Erweiterung des Kreislaufs, dafür wird die eigentliche Montage aber umso detaillierter behandelt.

Magicool DIY Liquid Cooling System 240mm: Zwischen billig und günstig. Ebenfalls überraschend gut und für den erstmaligen Aufbau vollkommen angemessen ist die Dokumentation des günstigsten Kontrahenten im Testfeld. Er bietet die bei voller Leistung leiseste Pumpe, die auch den Vergleich mit der gedrosselten Konkurrenz nicht scheuen muss. Zwar stattet Magicool die DCP450 mit einem SATA-Stromstecker aus und sieht keine weitere Regelung vor, Bedarf besteht aber auch nicht. Ebenfalls gelungen sind die zugehörige, sehr flexible Halterung und der eigentliche Ausgleichsbehälter. Zwar braucht dieser etwas länger, um im Kreislauf verbleibende Luftblasen abzuscheiden als das konzeptionell ähnliche EKWB-Design. Dafür erspart die Kombination aus Einfüllöffnung im Deckel und einer spitzen Tülle auf der beiliegenden Kühlflüssigkeitsflasche die Entfernung des gesamten Deckels beim Füllen. Möglich ist Letzteres natürlich trotzdem, wenn eine große Füllöffnung gewünscht ist. Wie bei fast allen Röhren-Ausgleichsbehältern muss aber auch hier darauf geachtet werden, nicht versehentlich den Plexiglaszylinder mitzudrehen und von der Pumpenbasis zu lösen.

Auf einem anderen Level als die sehr gute Pumpeneinheit spielt der CPU-Kühler. Vor allem, dass das Dichtigkeitsrisiko besteht, stößt sauer auf: Eine tiefe Einsenkung um die Anschlussgewinde des MC-B60I-CPU-Kühlers verschluckt die O-Ringe normaler Anschlüsse einfach ohne Dichtwirkung. Magicool umgeht dieses Problem neuerdings mit dickeren Dichtringen, trotzdem ist die Anschlusskompatibilität eingeschränkt und wir raten dringend zu einem Dichtigkeitstest außerhalb des Rechners. Radiator und Lüfter ordnen sich qualitativ zwischen der guten Anleitung und Pumpe und dem kritikwürdigen Kühler ein. Zwar drehen die Ventilatoren viel zu schnell, erbringen aber auch gedrosselt ein angemessenes Leistungs-Lautheits-Verhältnis. Nur leichtes Lagersurren verhindert den Ultra-Silent-Einsatz des Kits, das trotz des sehr günstigen Preises eine gute Leistung bietet.

Phobya Pure Performance Kit 240LT-BayOne: Eher Masse denn Klasse. Das zweitgünstigste Kit im Test trennt als einziges die Pumpe vom Ausgleichsbehälter. Bei Letzterem handelt es sich um das sehr einfach zu handhabende 5,25-Zoll Bay Reservoir", bei Ersterer um den klaren Tiefpunkt des Tests. Die Phobya DC-220 basiert auf dem gleichen OEM-Modell des Herstellers Jingway wie die EK Water Blocks DCP 2.2 und stellt neben der XSPC Ion 450 die lauteste Pumpe in diesem Test dar – ohne deren Leistung zu erbringen. Vor allem aber vibriert die Pumpe deutlich stärker als alle Konkurrenten, sodass eine gute Entkopplung zwingend benötigt wird. Immerhin ist diese dank der getrennten Bauweise möglich, muss aber extra erworben werden. Auch sonst schwankt das Phobya-Kit zwischen Extremen. Die Ausstattung mit einer großen Menge Schlauch in verschiedenen Farben, nützlichem Zubehör und teilweise gewinkelten Anschlüssen ist vorbildlich – die Anleitung dagegen für sich genommen mittelmäßig und vor allem für ein Kit mit anderem Ausgleichsbehälter geschrieben. Ähnlich wie bei Alphacool ist hier Transferarbeit gefragt, Anfänger könnten verwirrt sein.

Auch der Radiator erinnert an Alphacool, in Anbetracht der renommierten Nexxxos-Radiatoren ist dies aber ein gutes Zeichen. Tatsächlich entspricht der Phobya G-Changer V.2 einem Nexxxos UT60, mit „nur" vier statt sechs Anschlussmöglichkeiten (alle anderen Testteilnehmer: 2). Phobyas Lüfter können aus dem hochwertigen Radiator aber keine Bestleistung herausholen. Weder bei niedrigen Drehzahlen, wo Schleifgeräusche hörbar werden, noch bei hoher Lüfterstärke, die dem dicksten Radiator eigentlich liegen sollte, platziert sich Phobya vor gleich lauten Konkurrenzmodellen.

Der CPU-Kühler gleicht diesen Rückstand nicht aus, sondern ist seinerseits nach Alphacools XP³-CPU-Kühler das schwächste Modell im Test. Zwar sind die Unterschiede in der CPU-Temperatur gemäß der allgemein hohen Kühlleistung gering – aber das Bessere bleibt bekanntlich Feind des Guten. Preislich bleibt das Phobya-Kit dennoch sehr attraktiv, denn einzeln würde man für diesen Preis nicht einmal den guten Ausgleichsbehälter, den soliden Radiator und die dicken 16/11-mm-Anschlüsse bekommen. Rein rechnerisch sind die anderen, mittelmäßigen Bestandteile also Gratis-Beigaben. *(tv)*

Fazit

Interessante Einsteiger-Option

Bei jedem getesteten Kit könnte man den Austausch mindestens einer Komponente empfehlen, die Preisersparnis gegenüber dem Einzelkauf ermöglicht dies aber auch in allen Fällen. Es handelt sich also nicht um perfekte Lösungen, aber um durchaus attraktive Angebote für den Einstieg in die Vielfalt modularer Wasserkühlungen.

CPU-WASSER-KÜHLUNGSKITS

Benotet nach Kompaktwasser-kühlungs-Testtabelle

Produkt	Nexxxos Cool Answer 240 D5/ST Set	EK-Kit S240	Raystorm Pro Ion AX240 WaterCooling Kit	DIY Liquid Cooling System 240mm	Pure Performance Kit 240LT-BayOne
Hersteller	Alphacool (www.alphacool.de)	EK Water Blocks (www.ekwb.com)	XSPC (www.xs-pc.com)	Magicool (www.magicool.biz)	Phobya (www.phobya.de)
Preis/Preis-Leistungs-Verhältnis	Ca. € 270,-/befriedigend	Ca. € 200,-/befriedigend	Ca. € 200,-/befriedigend	Ca. € 130,-/gut	Ca. € 160,-/befriedigend
Link zum PCGH-Preisvergleich	www.pcgh.de/preis/1132495	www.pcgh.de/preis/1443185	www.pcgh.de/preis/1450064	www.pcgh.de/preis/1237560	Nicht gelistet
Alternative Versionen	2×120-, 3×120- oder 4×120-mm-Radiator in 30, 45 oder 60 mm Dicke; 1×120-mm-Radiator in 60 mm Dicke	1×120-, 3×120- oder 2×140-mm-Radiator	2×140- oder 3×120-mm-Radiator	1×120- oder 3×120-mm-Radiator	1×120-, 3×120- oder 2×140-mm-Radiator
Ausstattung (20 %)	**1,80**	**1,72**	**2,11**	**1,76**	**1,73**
Enthaltene Lüfter/Anschluss/ Entkopplung	2× 120 mm/3-Pin/keine	2× 120 mm/4-Pin (PWM-Nutzung problematisch)/keine	2× 120 mm/3-Pin/keine	2× 120 mm/4-Pin/ja	2× 120 mm/3-Pin/keine
Lüfterdrehzahl min. – max. (PWM/ Anlaufspannung)	380–1.120 U/min	480–1.680 U/min	450–1.570 U/min	470–2.090 U/min	840–1.570 U/min
Regelbereich Pumpe; Entkopplung	Stufe 1-5; nicht möglich (5,25-Zoll-Schacht)	20 bis 100 Prozent PWM; Gummielemente als Standfüße	9-12 Volt; nicht enthalten	Regelung nicht vorgesehen; nicht enthalten	8-12 Volt; dünnes Gummipad
Wärmeleitmittel/Lüftersteuerung/Extras	Spritze (Alphacool XPX Extreme)/ keine/ATX-Überbrückungsstecker; Inbusschlüssel für Lüfter- und Pumpenschrauben	Spritze (EK-TIM Ectotherm)/keine/ ATX-Überbrückungsstecker; Inbusschlüssel für Anschlüsse, Lüfter- und Pumpenschrauben; 4-Pin-Y-Kabel; SATA-auf-3-Pin-Adapter für Pumpe; Pumpen-/Ausgleichsbehälterhalterung	Spritze/keine/ATX-Überbrückungsstecker; Ausgleichsbehälter und Kühler weiß beleuchtet; Lüftergitter; Radiatorhalterung für externe Montage; Pumpen-/Ausgleichsbehälterhalterung	Spritze/keine/Lüfter blau beleuchtet; grüne, UV-aktive Flüssigkeit; Pumpen-/Ausgleichsbehälter-Halterung	Spritze (Phobya Hegrease Extreme)/ keine/ATX-Überbrückungsstecker; Inbusschlüssel für Lüfterschrauben; Lüfter blau beleuchtet; zwei Schlauchfarben zur Wahl (UV-aktiv Purple und UV-aktiv Pink)
Materialien CPU-Kühler; Radiator; Ausgleichsbehälter	Kupfer, Nylon (schwarz); Kuper, Messing; Plexiglas	Kupfer, Plexiglas; Kupfer, Messing (Aluminium ohne Wasserkontakt); Plexiglas	Kupfer (außen ohne Wasserkontakt: Aluminium, Plexiglas); Kupfer, Messing (außen ohne Wasserkontakt: Aluminium); Plexiglas (außen ohne Wasserkontakt: Aluminium)	Kupfer, Nylon (schwarz); Kupfer, Messing; Plexiglas	Kupfer, Nylon (schwarz); Kuper, Messing; Plexiglas
Gewindeabstand/-Tiefe CPU-Kühler	24/5 mm	29/8 mm	26/12 mm	33/6,5 mm	23/5 mm
Beiliegende Schrauben Radiator; Einschraubschutz	M3 Gewinde 30, 35 mm; ja	UNC 6-32 Gewinde 30, 7 mm; nein	UNC 6-32 Gewinde 30, 5 mm; nein	UNC 6-32 Gewinde 30, 6 mm; nein	M3 Gewinde 30, 35 mm; ja
Kühlflüssigkeit	Cape Kelvin Catcher 1.000 ml	EK-Coolant Evo 100 ml Konzentrat für 1.000 ml (500 ml verbleiben nach 1. Füllung)	XSPC EC6 empfohlen, enthalten 0 ml (600 ml zusätzliches Wasser für vollständige Füllung erforderlich)	Magicool Coolant 500 ml	Phobya ZuperZero Clear 1.000 ml (200 ml zusätzliches Wasser für vollständige Füllung erforderlich)
Anleitung	Befriedigend	Sehr gut	Sehr gut	Gut	Ausreichend
Eigenschaften (20 %)	**1,89**	**2,17**	**2,87**	**2,20**	**3,03**
Sockelunterstützung AMD	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)/ 939/754	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	–	AM2(+)/AM3(+)/FM1/FM2(+)	–
Sockelunterstützung Intel	1150/1155/1156/2011/ 2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/ 2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/ 2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/ 2011-v3/1366/775	1150/1155/1156/2011/ 2011-v3/1366/775
Maße Radiator (L × B × D), Gewicht mit Serienlüftern	275 × 124 × 55 mm, 794 g	282 × 121 × 52 mm, 934 g	287 × 128 × 65 mm, 1.216 g	273 × 120 × 53 mm, 745 g	285 × 124 × 85 mm, 1.346 g
Maße AGB (L × B × H); Gewicht (leer); Volumen**	152 × 146 × 84 mm; 1071 g; 620 ml	67 × 63 × 128 mm; 272 g; 125 ml	75 × 50 × 153 mm; 658 g; 84 ml	72 × 70 × 138 mm; 359 g; 260 ml	175 × 146 × 41 mm; 562 g; 550 ml
Maße Pumpe (L × B × H); Gewicht	– (in AGB integriert)	– (in AGB integriert)	– (in AGB integriert)	– (in AGB integriert)	68 × 45 × 59 mm; 216 g
Schlauchlänge; -format	300 cm; 10/13 mm (ID/AD)	250 cm; 10/13 mm (ID/AD)	200 cm; 15,9/11,1 mm (ID/AD)	200 cm; 8/10 mm (ID/AD)	2× 330 cm; 11,1/15,9 mm (ID/AD)
Montageaufwand Kühler (AMD/115X/2011)	Gering/mittel/gering	Mittel/gering/gering	–/gering/gering	Mittel/mittel/gering	–/mittel/gering
Platinenausbau nötig (AMD/115X/2011)	Nein/ja/nein	Ja/ja/nein	–/ja/nein	Ja/ja/nein	–/ja/nein
Gedrehte Montage (AMD/115X/2011)	Nicht möglich/möglich/möglich	Möglich/möglich/möglich	–/möglich/möglich	Nicht möglich/möglich/möglich	–/möglich/möglich
Leistung (60%)	**0,84***	**0,93***	**0,98***	**1,57***	**1,59***
CPU-Temp., Serienlüfter (100/75/50 %)	49,6/51,3/57,4 °C	47/49,2/53 °C	45,6/47,4/51,8 °C	45,1/46,4/49,3 °C	46,9/48,7/53,4 °C
Wasser-Temp.,Serienl. (100/75/50 %)	28,4/30,0/34,9 °C	26,8/28,8/32,3 °C	25,8/27,5/31,0 °C	25,6/26,9/29,2 °C	26,8/28,3/32,7 °C
Lautheit Serienlüfter (100/75/50 %)	1,0/0,5/0,1 Sone	2,3/1,0/0,3 Sone	2,9/1,3/0,5 Sone	6,3/2,9/1,0 Sone	3,1/1,3/0,2 Sone
Schalldruck Serienlüfter (100/75/50 %)	29/23,4/18,2 dB(A)	35,6/27,7/20,4 dB(A)	39,4/31,3/23,3 dB(A)	47,6/38,7/28,2 dB(A)	39,4/31,4/20,2 dB(A)
CPU/Wasser-T., Serienl. bei 1.0 Sone	49,6/28,4 °C (1.120 U/min)	49,2/28,8 °C (1.200 U/min)	48,9/28,4 °C (1.000 U/min)	49,3/29,2 °C (1.020 U/min)	49,7/29,2 °C (1.050 U/min)
CPU-Temp., Referenzlüfter (100/75/50 %)	48,5/50,5/54,5 °C	48,0/50,0/54,9 °C	47,1/49,4/55,4 °C	47,7/49,8/54,7 °C	47,9/49,6/54,2 °C
Wasser-Temp., Referenzl. (100/75/50 %)	27,8/29,4/32,7 °C	28,1/29,5/33,6 °C	27,2/29,2/33,8 °C	28,0/29,8/34,1 °C	27,7/29,2/33,4 °C
Lautheit Referenzlüfter (100/75/50 %)	1,7/0,6/0,1 Sone (2 × 120 mm)	1,7/0,6/0,1 Sone (2 × 120 mm)	1,7/0,6/0,1 Sone (2 × 120 mm)	1,7/0,6/0,1 Sone (2 × 120 mm)	1,7/0,6/0,1 Sone (2 × 120 mm)
Schalldruck Referenzlüft. (100/75/50 %)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2 × 120 mm)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2 × 120 mm)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2 × 120 mm)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2 × 120 mm)	33,6/25,6/17,4 dB(A) (2 × 120 mm)
Lautheit Pumpe PCGH-Standardmessung	0,1 Sone (@Stufe 1. Stufe 5: 0,6 Sone)	0,1 Sone (@50% PWM. 100% PWM: 0,3 Sone)	0,3 Sone (@9 V. 12 V: 0,4 Sone)	0,1 Sone (Regelung nicht vorgesehen)	0,4 Sone (@12 V. 8 V: 0,2 Sone)
Lautheit Pumpe in 25 cm Entfernung	0,2 Sone (@Stufe 1. Stufe 5: 1,5 Sone)	0,1 Sone (@50% PWM. 100% PWM: 0,5 Sone)	0,9 Sone (@9 V. 12 V: 1,2 Sone)	0,2 Sone (Regelung nicht vorgesehen)	1,4 Sone (@12 V. 8 V: 0,8 Sone)
FAZIT	⊕ Sehr gute Lüfter ⊕ Leistungsfähige Pumpe ⊕ Silent-Radiator	⊕ Pumpe gut regelbar & leise ⊕ Sehr ausführliche Anleitung ⊖ Lüfter mit PWM-Problemen	⊕ Hohe Kühlleistung ⊕ Sehr ausführliche Anleitung ⊖ Hörbare Pumpe	⊕ Pumpe leise ⊖ Beschr. Anschlusskompatibilität ⊖ Pumpe schlecht regelbar	⊕ Pumpe gut entkoppelbar ⊕ Umfangreiches Zubehör ⊖ Pumpe vibriert stark, ist hörbar
	Wertung: **1,24**	Wertung: **1,34**	Wertung: **1,58**	Wertung: **1,73**	Wertung: **1,91**

Alle Temperaturen auf 20 °C Umgebungstemperatur normiert *: Die Leistung einiger modularer Wasserkühlungskits überschreitet den als „sehr gut" für Kompaktwasserkühlungen definierten Wert. Zur besseren Vergleichbarkeit übernehmen wir den Kompaktwasserkühlungs-Notenschlüssel dennoch ohne Anpassungen. **: Ausgleichsbehälter

JETZT VERFÜGBAR!

PRIME

POWER.
PERFORMANCE.
PRIME.

80 PLUS TITANIUM

Seasonic®

Meistgenutztes Netzteil für
Weltrekorde und Weltbestleistungen

HWBOT

Nr. 1 der Welt

DANCOP

NACHO ARROYO

EXKLUSIVER NETZTEIL
Sponsor der HWBOT
World Tour 2016
mit Finale in Berlin!

BRUNO

BULLSHOOTER

JOE90BR

ALTERNATE bequem online · CASEKING.de · BORA COMPUTER · BRACK.CH ELECTRONICS · K&M COMPUTER · cyberport · digitec.ch · Mindfactory.de

Win 10: Umsteiger-Guide

Windows 10 ist inzwischen seit über einem Jahr auf dem Markt. Falls Sie mit dem Umstieg noch gewartet haben – gut für Sie, denn so können Sie von unseren Tipps profitieren.

Trotz dem Ende des kostenlosen Updates ist bei weitem noch nicht jeder auf Windows 10 umgestiegen. Denn auch das Anniversary Update zeigt: Etwas Geduld kann definitiv nie schaden. So geht man zum einen etwaigen Problemen aus dem Weg, zum anderen ist es auch möglich, den Umstieg so vorzubereiten, dass er möglichst problemlos abläuft. Wir haben dazu einige Tipps gesammelt und gehen auf die Einstellungsmöglichkeiten ein, die Windows 10 bietet.

Das alte Windows sichern

Bevor Sie den Schritt zum Windows-10-Upgrade machen – egal ob über Windows Update oder per Neuinstallation – sollten Sie für ein aktuelles Backup sorgen. Denn schiefgehen kann immer etwas.

Hier bietet sich vor allem die Backup-Funktion an, die sowohl in Windows 7 als auch in Windows 8 integriert ist. In Windows 7 wählen Sie dafür den Punkt „Sichern und Wiederherstellen“ in der Systemsteuerung und klicken dann auf „Systemabbild erstellen“ oben in der Spalte links. Bei Windows 8(.1) finden Sie die Funktion ebenfalls in der Systemsteuerung unter „Dateiversionsverlauf“, links unten in der Spalte. Wählen Sie im folgenden Dialog die Zielpartition, wobei Sie hier am besten zu einem externen Laufwerk greifen. Im Ernstfall booten Sie vom Windows-Installationsdatenträger und wählen im Menü statt dem Punkt „Windows installieren“ die Computerreparatur-Optionen. Dort finden Sie unter „Problembehandlung“ gefolgt von „Erweitert“ die Option „Systemimage wiederherstellen“. Wenn Sie keinen bootfähigen Datenträger besitzen, zeigen wir Ihnen sogleich, wie Sie selbst einen anlegen.

Ein bootfähiges Windows-Medium erstellen

Falls Sie Windows 10 oder auch ein anderes Windows als ISO herunterladen und installieren wollen, geht das nur über den Umweg über ein externes Medium. Zwar beherrscht Windows 8 schon die Funktion, ISOs ohne vorherigen Brennvorgang mounten zu können, jedoch ist die Voraussetzung dafür ein geladenes Betriebssystem, eine Bedingung, die für eine Betriebssystem-Istallation natürlich nicht erfüllbar ist. Deshalb muss das ISO auf eine DVD gebrannt oder besser auf einen USB-Stick kopiert werden. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten: automatisiert mittels Programmen oder manuell über das Windows-Tool diskpart.

Bei den Software-Werkzeugen zur Erstellung von Windows-10-Medien gibt es mehrere Möglichkeiten. Die wichtigste ist das Media Creation Tool von Microsoft. Hier reicht es, einfach die Sprache, OS-Edition und CPU-Architektur auszuwählen. Anschließend entscheiden Sie sich zwischen DVD und USB-Stick, den Rest erledigt das Tool.

Vielseitiger jedoch sind die zahlreichen Media-Creator-Tools von Drittherstellern, für die wir stellvertretend Universal USB Installer herauspicken. Dieses bastelt nicht nur aus Windows- sondern auch aus Linux-ISOs bootfähige USB-Sticks. Dazu laden Sie ein beliebiges bootfähiges ISO herunter, wählen das passende Betriebssystem und das Ziellaufwerk im entsprechenden Klappmenü aus und klicken auf „Create“. Anschließend macht das Werkzeug Ihren Stick bootfähig und kopiert die Installationsdateien darauf. Die Einträge für Windows finden Sie im Universal USB Installer weit unten. Für Windows 10 reicht es, Windows 8 oder Windows 7 zu wählen – der Bootloader hat sich seit Vista technisch nicht mehr geändert.

Sie können einen bootfähigen USB-Stick aber auch völlig ohne Zuhilfenahme von Dritthersteller-Tools erstellen. Öffnen Sie dafür eine Eingabeaufforderung und tippen Sie nacheinander folgende Befehle ein, jeweils gefolgt von Enter:

```
diskpart
list disks
select disk x
clean
create partition primary
select partition 1
active
format fs=ntfs quick
assign
```

Das „x“ steht dabei für die Nummer Ihres USB-Sticks, den Sie leicht an der Kapazitätsangabe erkennen. Nach der Eingabe von „assign“ weist Windows dem neu formatierten USB-Stick einen Laufwerksbuchstaben zu. Öffnen Sie nun das vorher heruntergeladene Windows-ISO mit einem Pack-Programm wie 7zip oder der ISO-Mount-Funktion von Windows 8 und kopieren Sie den Inhalt auf das USB-Laufwerk. Nun haben Sie einen funktionierenden Windows-Setup-Stick.

Windows 10 installieren

Sie sind jetzt endlich bereit, Windows zu installieren. Der Setup-Vorgang unterscheidet sich dabei

kaum vom Vorgänger. Aufpassen sollten Sie aber bei den Express-Einstellungen: Hier werden einige Vorauswahlen getätigt, die nicht jedem gefallen könnten. Deshalb sollten Sie sie nicht einfach übernehmen und sich alle Optionen zumindest einmal durchlesen.

Die Möglichkeit dazu befindet sich beim Installations-Assistenten in kleiner grauer Schrift links unten. Gleich im nächsten Fenster finden sich einige Punkte, an denen sich einige Nutzer stören könnten. Dazu gehört die Zustimmung zum Übermitteln der Sprach-, Text- und Freihandeingaben und Kalendereinträge an Microsoft (für Apps und Cortana) sowie das Einverständnis, dass Apps Ihre Werbe-ID nutzen sowie auf Ihre Position zugreifen dürfen – natürlich sind sie alle vorausgewählt. Falls Sie weder Cortana noch Apps zu nutzen planen, dürfen Sie hier getrost alle Einwilligungen zurückziehen.

Auf einem der nächsten Bildschirme versucht Microsoft ebenfalls wie auch schon beim Vorgänger den Eindruck zu erwecken, dass eine Nutzung von Windows 10 nur mit Microsoft-Account möglich ist. Aber auch hier verbirgt sich ein kleingedruckter Link, über den Sie einen lokalen Account einrichten dürfen – genauso wie auch schon unter Windows 7. Die Installation ist mit dem Einrichten des Benutzerkontos abgeschlossen.

Falls Sie das Upgrade über Windows Update gewählt haben und sichergehen wollen, dass es sich um eine saubere Installation handelt, können Sie das System vor dem Fortfahren nochmals auf einen fabrikneuen Zustand zurücksetzen. Öffnen Sie die Einstellungen, indem Sie den Begriff in das Startmenü eintippen. Unter „Update und Sicherheit“ – „Wiederherstellung“ finden Sie die Option „Diesen PC zurücksetzen“. Wenn Sie im nachfolgenden Dialog auf „Alles entfernen“ klicken, wird Ihr System in einen werksneuen Zustand gebracht.

Der neue, alte Bootloader

Als Windows-7-Nutzer hatten Sie womöglich noch keinen Kontakt zu Windows 8 und kennen den neuen Bootloader noch nicht. Dieser ist mit seiner grafischen Aufmachung sehr einfach zu bedienen, hat aber den Nachteil, dass er Windows 10 eigentlich schon fast komplett bootet, bevor die Auswahl erscheint. Zwar ist nach dem Auswählen von Windows 10 selbiges sehr schnell geladen, jedoch dauert es im Gegenzug länger, wenn ein anderer Eintrag aus der Liste gewählt wird, etwa ein Windows 7. Falls Sie mehrere Betriebssysteme gleichberechtigt nutzen wollen, lässt sich der Bootloader auch im klassischen Schwarz-Weiß-Look mit einem Auswahlmenü sofort nach dem Einschalten des PCs betreiben. Öffnen Sie dafür einfach eine Eingabeaufforderung mit Adminrechten und geben Sie unter Windows 10 folgenden Befehl ein:

```
bcdedit /set {current} bootmenupolicy legacy
```

Nun können Sie zum Start einfach das gewünschte Betriebssystem auswählen. Wird nach Ablauf von 30 Sekunden keine Auswahl getroffen, lädt der Bootloader das als Standard markierte System, das aufwändige Neustarten für Windows 7 entfällt. Das Standardbetriebssystem sowie die Wartezeit legen Sie mit Windows-Taste + Pause, im Tab „Erweitert“ – Button „Einstellungen“ unter „Starten und Wiederherstellen“ fest. Wenn Sie den Befehl

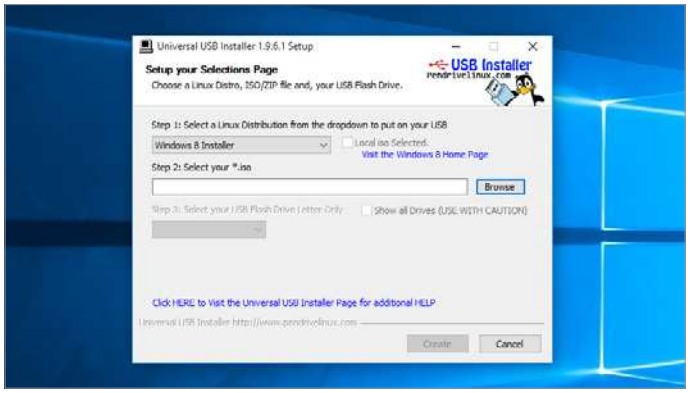
```
bcdedit /set {current} bootmenupolicy standard
```

eingeben, machen Sie die Änderung am Bootloader rückgängig und Windows startet wieder mit dem grafischen Bootmenü.

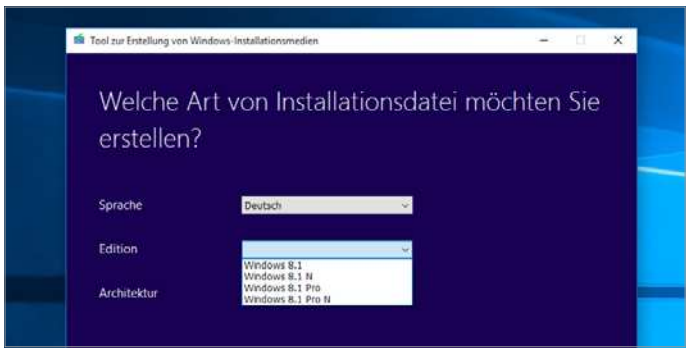
Konfigurationstipps

Nachdem Sie Windows installiert und den Bootloader richtig eingestellt haben, sind Sie bereit, die Konfiguration von Windows 10 anzugehen. Das neue Microsoft-Betriebssystem bietet dabei viele neue Einstellungsmöglichkeiten, von denen wir hier einige vorstellen.

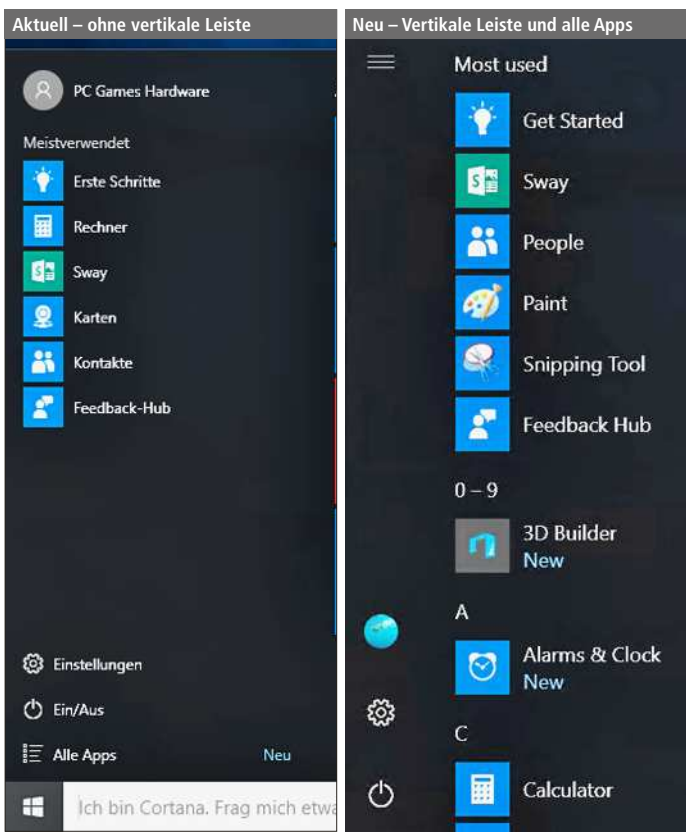
Zu Beginn kümmern wir uns um das wohl wichtigste Feature von Windows 10: das Startmenü. Dieses ist im Vergleich zum Pendant der Vorgänger viel flexibler gestaltet worden: Indem Sie es am Rand mit der Maus festhalten, dürfen Sie es vertikal stufenlos auf die gewünschte Höhe ziehen. Ähnlich



Tools wie der Universal USB Installer kreieren aus jedem ISO einen bootfähigen USB-Stick. Dafür müssen Sie aber erst das passende Betriebssystem in der Liste wählen.

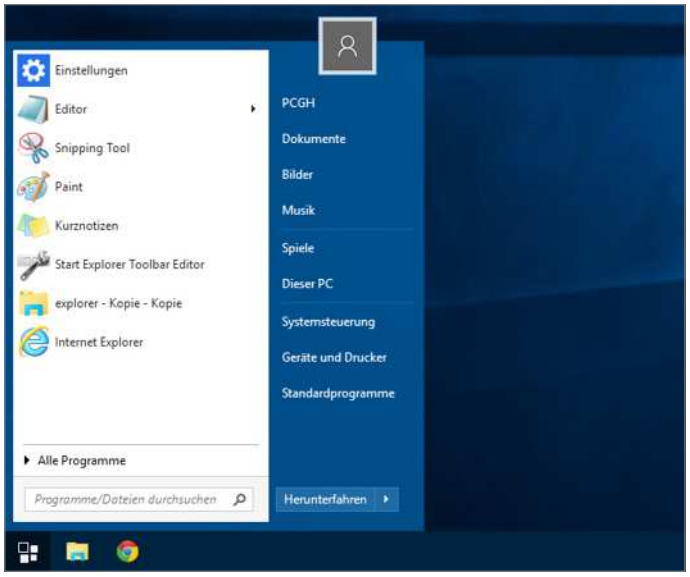


Das offizielle Media-Creator-Tool von Microsoft bietet Windows 10 noch nicht zum Download an. Eine aktualisierte Version sollte demnächst folgen.

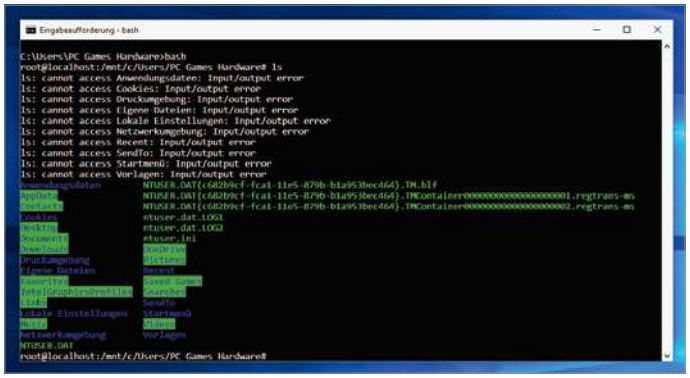


Seit dem Windows 10 Anniversary Update gibt es ein überarbeitetes Startmenü. Einige permanente Verknüpfungen befinden sich nun platzsparend in der Spalte links.

Bei der Installation lohnt es sich, die Express-Einstellungen nicht zu übernehmen und selbst einen Blick darauf zu werfen. Die Voreinstellungen sind sehr freizügig gewählt.



Ein klassisches Startmenü, das sich auch optisch gut einfügt, bietet Stardock mit Start10 an. Dieses kann für 5 Dollar von der Hersteller-Webseite bezogen werden.



Farbiger Text in der Eingabeaufforderung? Ja, aber nicht in der von Windows. Im Bild ist die Linux Bash aktiv, die sich Windows 10 Anniversary Editon installieren lässt.

funktioniert es auch in der Horizontalen, wobei die Breite des Startmenüs hier aber nur um ein Vielfaches der Breite einer Kachel-Gruppe verändert werden kann. Eine Kachelgruppe ist grundsätzlich drei Elemente breit, weitere Kacheln lassen sie nach unten wachsen. Falls Sie keine dieser Fliesen verwenden wollen, dürfen Sie den Bereich komplett entfernen, indem Sie das Startmenü durch Ziehen auf die schmale Programm-Liste links reduzieren. Das funktioniert aber nur, wenn Sie vorher alle bunten Verknüpfungen aus dem Bereich entfernen.

Sollten Sie aber ein Fan des Startbildschirms aus Windows 8 gewesen sein, müssen Sie auch darauf nicht verzichten: In der Einstellungen-App finden Sie unter „Personalisierung“ – „Start“ die Option „Menü ‚Start‘ im Vollbildmodus anzeigen“. Diese Ansicht ist übrigens auch der Standard im Tablet-Modus, den Sie über das Info-Center aktivieren. In dieser Ansicht blendet Windows 10 zudem die auf der Taskleiste angepinnten Programme aus und vergrößert die dortigen Schaltflächen auf ein fingerfreundliches Format. Falls Ihnen keine eingebaute Gestaltungsmöglichkeit des Startmenüs zusagt, besteht auch weiterhin die Möglichkeit, ein Dritthersteller-Tool zu nutzen. So bietet der Entwickler Stardock mit Start10 bereits eine aktualisierte Fassung seiner Startmenü-Software an, die in Funktion und auf Wunsch auch im Aussehen fast 1:1 der Windows-7-Fassung entspricht. Daneben bietet das Programm noch weitere mögliche Designs und zahlreiche Einstellungsmöglichkeiten.

Ein unter Windows 8 beliebter Kniff war das Entfernen des Sperrbildschirmes, der erscheint, wenn Windows für längere Zeit nicht genutzt wird. Dieser muss lästigerweise erst hochgeschoben oder weggeklickt werden, bevor eine Anmeldung möglich ist. Unter Windows 10 Pro finden Sie die Option zu seinem Ausschalten in den Gruppenrichtlinien unter „Computerkonfiguration“ – „Windows-Einstellungen“ – „Administrative Vorlagen“ – „Systemsteuerung“ – „Anpassung“. Markieren Sie letztgenannten Eintrag und suchen Sie in der Aufzählung rechts nach „Sperrbildschirm anzeigen“. Ein Doppelklick darauf öffnet ein Menü, in dem Sie den Sperrbildschirm durch die Auswahl von „Aktiviert“ in den Ruhestand schicken. Falls Sie den Sperrbildschirm behalten wollen, aber nicht mit dem voreingestellten Bild zufrieden sind, lässt sich dieses in der Einstellungs-App unter „Personalisierung“ – „Sperrbildschirm“ anpassen. Hier finden Sie auch eine umfangreiche Auswahl an Infos, die der Sperrbildschirm anzeigen kann.

Die permanent angezeigte Suchleiste und der neue Button zum Verwalten der geöffneten Programme sowie der virtuellen Desktops dürfen per Rechtsklick auf die Taskleiste ausgeblendet werden. Standardmäßig durchsucht Cortana nicht nur den lokalen PC, sondern auch das Internet. Falls Sie nicht wollen, dass jeder Suchbegriff automatisch an das Netz übermittelt wird, bietet Cortana die Möglichkeit, die Suche grundsätzlich auf den lokalen PC einzuschränken. Klicken Sie dazu in die Suchzeile und dann auf das Zahnrad in der vertikalen Leiste links. Im folgenden Menü finden Sie den Punkt „Online suchen und Webergebnisse einbeziehen“. Nachdem Sie diesen deaktivieren, zeigt Cortana nur noch lokale Ergebnisse an.

Neue Update-Funktionen

Für viel Aufsehen sorgen die unfreiwilligen Updates, bietet Windows 10 zwei verschiedene Update-Modi an. Beim ersten handelt es sich um den Standard-Modus, der vorausgewählt ist und bei dem der Nutzer die Softwareflicken sofort angeboten bekommt. Die zweite, neue Variante sind die zurückge-

Seasonic®
SEASONIC QUALITÄT ZUM EINSTIEGSPREIS!

S12 II Bronze
SILENT 120M FAN SERIES
620W / 520W / 430W / 350W
ALTERNATE bequem online
BORA COMPUTER
BRACK.CH ELECTRONICS
CASEKING.de
cyberport
digitec.ch
K&M COMPUTER
Mindfactory.de

stellten Updates. Dadurch können die Aktualisierungen um mehrere Wochen bis maximal einige Monate verzögert werden. Freie Wahl haben nur noch die Anwender von Enterprise-Editionen, die das Betriebssystem anweisen können, nur Sicherheits-Updates zu installieren. Zumindest das Zurückstellen von Updates ist schon ab Windows 10 Professional möglich. Nutzer der Home-Edition haben diese Wahl dagegen nicht: Sie müssen laut Microsoft die Updates sofort installieren. Selbst ein generelles Ablehnen von Updates ist nicht mehr möglich. Aber auch als Home-Edition-Nutzer sind Sie Microsoft nicht vollkommen ausgeliefert. Windows 10 Home ist theoretisch ebenfalls dazu in der Lage, Updates zu verzögern, nur reicht das GUI diese Funktion nicht an den Nutzer durch. Dieses Problem umschiffen Sie mit einer Reg-Datei. Wie das genau geht, beschreibt die Anleitung unter pcgh.de/home-update. Befinden sich in Ihrem Heimnetz mehrere Windows-10-Systeme, hilft eine neue Funktion zukünftig, die herunterzuladende Datenmenge klein zu halten beziehungsweise selbst an der Verteilung von Patches an Dritte mitzuwirken. Das lässt sich auf Wunsch in den erweitereten Update-Optionen ausschalten.

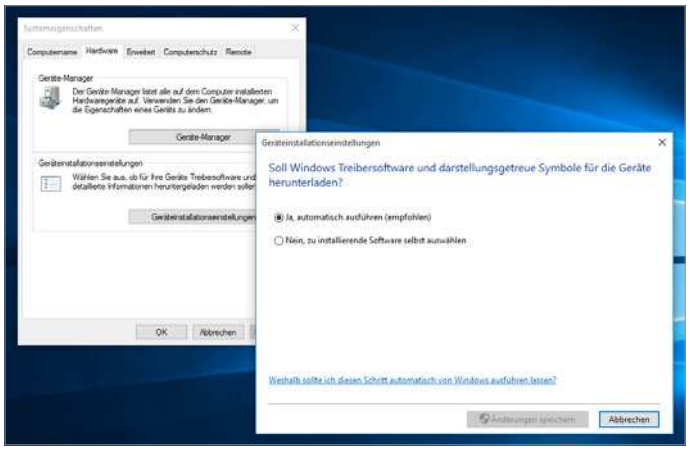
Des Weiteren lässt Ihnen Windows 10 sowohl in der Pro- als auch in der Home-Version die Wahl, Ihre Gerätetreiber über Windows Update zu beziehen. Während diese Option für ambitionslose PC-Nutzer sehr praktisch sein mag, dürfte die Update-Frequenz für Spieler vor allem bei Grafikkartentreibern viel zu niedrig sein. Falls Sie sich selbst um die Treiber kümmern, können Sie diese Funktion in den Systemeigenschaften deaktivieren. Drücken Sie dazu die Windows- und Pause-Taste gleichzeitig und klicken Sie links auf „Erweiterte Systemeigenschaften“. Wählen Sie im folgenden Dialog den Tab „Hardware“ und klicken Sie auf den Button „Geräteinstallationseinstellungen“. Hier wählen Sie sich die für Sie passende Option aus.

Backups unter Windows 10

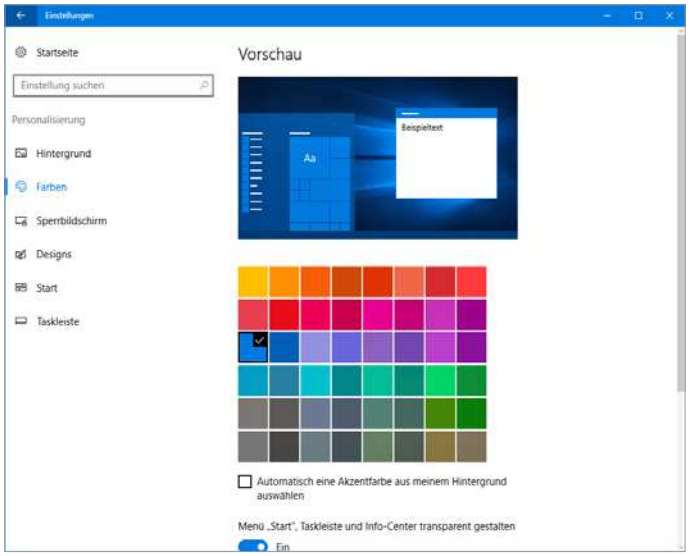
In der Settings-App befinden sich auch die Punkte zur Sicherung und Wiederherstellung. Jedoch scheint dieses Einstellungsmenü noch nicht voll ausgebaut zu sein. Denn zurzeit lässt sich über dieses Fenster nur der Dateiversionsverlauf konfigurieren. Dieser ist zwar zweifellos eine gute Backup-Funktion, jedoch hilft diese Art der Sicherung wenig weiter, wenn bei Windows selbst ein Problem auftritt. Um Windows komplett zu sichern, ist wie schon seit Windows 7 das gute, alte „Sichern und Wiederherstellen“ zuständig, auch wenn die Beschreiung in der neuen Systemsteuerungs-App suggeriert, das Menü würde nur noch dem Wiederherstellen früherer Sicherungen dienen. Gehen Sie hier vor, wie bereits zu Beginn des Artikels beschrieben. Eine Windows-Neuinstallation ist der beste Zeitpunkt, ein regelmäßiges System-Backup für Notfälle einzurichten. Windows 10 bietet dazu eine weitere, Windows-7-Nutzern möglicherweise unbekannte Sicherungsfunktion. Dabei handelt es sich um den bereits genannten Dateiversionsverlauf, eine verbesserte Ausgabe der bereits in Windows 7 angebotenen Dateiversionshistorie, die bei jeder Änderung der Datei ein Backup anlegt .

Das Info-Menü im Griff

Eine der zentralen Neuerungen von Windows 10 ist das Info-Menü, derzeit wohl noch besser unter seinem englischen Namen „Action Center“ bekannt. Dabei handelt es sich um das Menü, das hinter dem Sprechblasen-Icon in der Tray-Leiste zu finden ist und alle Benachrichtigungen von Apps und Betriebssystem sammelt. Des Weiteren dient der Software-Helfer als Anlaufpunkt für diverse Schnellstart-Optionen. Diese sind zum Teil konfigurierbar, das dazugehörige Menü finden Sie in den Einstellungen unter „System“ – „Benachrichtigungen und Aktionen“. Weiter unten auf dieser Übersichtsseite legen Sie die Regeln für die Windows- und App-Benachrichtigungen fest. Falls sie keine Benachrichtigungen oder nur Hinweise einzelner Apps und Programme angezeigt bekommen wollen, stellen Sie das hier für jede App entsprechend ein. Auch das komplette Deaktivieren des Info-Centers ist möglich.



Falls Sie Ihre Treiber-Software selbst pflegen, können Sie den automatischen Download derselben in den erweiterten Systemeigenschaften deaktivieren.



Microsoft baute nach und nach die Personalisierungsoptionen von Windows 10 aus. Es gibt nun mehr Akzentfarben und ein schwarzes Farbthema.

Fazit

Windows-10-Tuning

Windows 10 bietet durch die öffentlich stattfindende Entwicklung eine Vielzahl an dokumentierten und undokumentierten Einstellungsmöglichkeiten. Die Modding-Freundlichkeit ist durch die hohe Patch-Kadenz aber stark gesunken: Bereits morgen können Anpassungen, die heute noch funktionieren, durch ein Update hinfällig werden.

Einkaufsführer Grafikkarten

Preise: Stand 15.09.2016

PC Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Hardware SPAR-TIPP

Noten gemäß aktueller PCGH-Wertungsmethodik

Nvidia Geforce	Circa-Preis	Grafik-speicher	3D-Taktung (GPU-Boost/RAM)	Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)	Länge/ (Slot-)Breite	Benötigte Stromstecker	Lautheit (2D/3D/Ernstfall)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Zotac GTX 1080 AMP! Extreme	€ 800,-	8.192 MiB	1.987+/1.350 MHz	10/259/275 Watt	31,2/5,0 cm	2× 8-Pol	0,0/1,7/1,9 Sone	1,53	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449220
Gainward GTX 1080 Phoenix GLH	€ 750,-	8.192 MiB	1.911+/1.315 MHz	8/219/220 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,5/1,5 Sone	1,55	08/2016	www.pcgh.de/preis/1456253
Palit GTX 1080 Game Rock Prem.	€ 770,-	8.192 MiB	1.911+/1.315 MHz	8/220/220 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,5/1,5 Sone	1,57	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449283
EVGA GTX 1080 FTW ACX 3.0	€ 770,-	8.192 MiB	1.936+/1.251 MHz	12/237/247 Watt	27,3/3,5 cm	2× 8-Pol	0,0/2,4/2,4 Sone	1,59	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449255
Inno 3D GTX 1080 iChill X3	€ 750,-	8.192 MiB	1.949+/1.301 MHz	12/237/239 Watt	30,2/4,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,9/1,9 Sone	1,60	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449258
MSI GTX 1080 Gaming X 8G	€ 770,-	8.192 MiB	1.886+/1.251 MHz	13/235/245 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/2,3/2,3 Sone	1,61	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449271
Asus GTX 1080 Strix OC	€ 800,-	8.192 MiB	1.898+/1.251 MHz	8/199/202 Watt	29,9/3,6 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/3,6/3,6 Sone	1,61	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449229
Gigabyte GTX 1080 G1 Gaming	€ 760,-	8.192 MiB	1.810+/1.251 MHz	9/200/201 Watt	28,1/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/4,1/4,1 Sone	1,65	08/2016	www.pcgh.de/preis/1449277
Gainward GTX 1070 Phoenix GLH	€ 510,-	8.192 MiB	1.936+/4.253 MHz	9/173/174 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-Pol	0,0/0,7/0,7 Sone	1,80	08/2016	www.pcgh.de/preis/1456729
Palit GTX 1070 Game Rock Prem.	€ 500,-	8.192 MiB	1.936+/4.253 MHz	9/171/174 Watt	28,5/5,2 cm	1× 8-Pol	0,0/0,8/0,8 Sone	1,82	08/2016	www.pcgh.de/preis/1456802
Zotac GTX 1070 AMP! Extreme	€ 520,-	8.192 MiB	1.987+/4.104 MHz	12/219/253 Watt	31,2/5,0 cm	2× 8-Pol	0,0/1,6/1,9 Sone	1,82	09/2016	www.pcgh.de/preis/1456755
Inno 3D GTX 1070 iChill X3	€ 460,-	8.192 MiB	1.949+/4.104 MHz	10/190/192 Watt	30,2/4,5 cm	1× 8-Pol	0,0/1,5/1,5 Sone	1,86	09/2016	www.pcgh.de/preis/1450744
MSI GTX 1070 Gaming X 8G	€ 500,-	8.192 MiB	1.924+/4.007 MHz	11/208/208 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/1,4/1,4 Sone	1,86	08/2016	www.pcgh.de/preis/1456552
Asus GTX 1070 Strix OC	€ 530,-	8.192 MiB	1.911+/4.007 MHz	8/166/167 Watt	29,9/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/1,8/1,8 Sone	1,87	08/2016	www.pcgh.de/preis/1450613
EVGA GTX 1070 SC ACX 3.0	€ 460,-	8.192 MiB	1.772+/4.007 MHz	8/149/153 Watt	26,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/0,7/0,7 Sone	1,88	09/2016	www.pcgh.de/preis/1456822
Gigabyte GTX 1070 G1 Gaming	€ 460,-	8.192 MiB	1.873+/4.007 MHz	9/181/182 Watt	28,1/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/3,5/3,5 Sone	1,91	09/2016	www.pcgh.de/preis/1450713
Asus GTX 1060 Strix OC	€ 330,-	6.144 MiB	1.987+/4.104 MHz	8/145/145 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,4/2,4 Sone	2,28	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478721
MSI GTX 1060 Gaming X 6G	€ 330,-	6.144 MiB	1.949+/4.007 MHz	8/146/146 Watt	27,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/0,7/0,7 Sone	2,29	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478791
Gigabyte GTX 1060 G1 Gaming	€ 310,-	6.144 MiB	1.962+/4.007 MHz	9/153/153 Watt	27,9/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,4/2,4 Sone	2,33	10/2016	www.pcgh.de/preis/1479045
Zotac GTX 1060 AMP!	€ 300,-	6.144 MiB	1.848+/4.007 MHz	9/121/123 Watt	21,1/3,4 cm	1× 8-Pol	0,0/1,0/1,0 Sone	2,33	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478147
Gainward GTX 1060 Phoenix GS	€ 310,-	6.144 MiB	1.860+/4.007 MHz	6/124/125 Watt	24,6/4,8 cm	1× 6-Pol	0,0/1,4/1,4 Sone	2,35	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478764
Palit GTX 1060 Super Jetstream	€ 320,-	6.144 MiB	1.860+/4.007 MHz	6/123/125 Watt	24,8/4,8 cm	1× 6-Pol	0,0/1,3/1,3 Sone	2,37	10/2016	www.pcgh.de/preis/1478641
EVGA GTX 1060 SC Gaming	€ 290,-	6.144 MiB	1.898+/4.007 MHz	6/122/125 Watt	18,2/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/2,5/2,5 Sone	2,40	10/2016	www.pcgh.de/preis/1479077
MSI GTX 960 Gaming 4G	€ 220,-	4.096 MiB	1.392+/3.506 MHz	12/136/136 Watt	26,8/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/0,6/0,6 Sone	2,80	06/2015	www.pcgh.de/preis/1241385 PC Hardware
EVGA GTX 960 SSC ACX 2.0 4GB	€ 220,-	4.096 MiB	1.430+/3.506 MHz	10/134/147 Watt	25,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/1,2/1,3 Sone	2,81	06/2015	www.pcgh.de/preis/1241646
Gainward GTX 960 Phantom 4GB	€ 210,-	4.096 MiB	1.253+/3.506 MHz	10/124/125 Watt	24,0/5,0 cm	1× 6-Pol	0,2/0,8/0,8 Sone	2,94	06/2015	www.pcgh.de/preis/1241549
Gigabyte GTX 950 Xtreme	€ 170,-	2.048 MiB	1.442+/3.499 MHz	11/119/120 Watt	22,7/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,2/2,2 Sone	3,01	03/2016	www.pcgh.de/preis/1326044
KFA2 GTX 950 Black OC Sniper	€ 150,-	2.048 MiB	1.367+/3.305 MHz	10/108/110 Watt	23,1/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/1,4/1,5 Sone	3,07	03/2016	www.pcgh.de/preis/1328774
MSI GTX 950 2GD5 OC	€ 150,-	2.048 MiB	1.240+/3.305 MHz	12/91/93 Watt	17,0/3,5 cm	1× 6-Pol	0,6/1,2/1,2 Sone	3,17	03/2016	www.pcgh.de/preis/1314382
AMD Radeon	**Circa-Preis**	**Grafik-speicher**	**3D-Taktung (GPU-Boost/RAM)**	**Verbrauch (2D/3D/Ernstfall)**	**Länge/ (Slot-)Breite**	**Benötigte Stromstecker**	**Lautheit (2D/3D/Ernstfall)**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
AMD R9 Fury X*	€ 400,-	4.096 MiB	1.050/1.000 MHz	21/346/385 Watt	19,5/3,3 cm	2× 8-Pol	1,3/1,6/1,6 Sone	2,30	09/2015	www.pcgh.de/preis/1285955
Asus R9 Fury Strix	€ 480,-	4.096 MiB	970+/1.000 MHz	12/267/274 Watt	30,0/3,5 cm	2× 8-Pol	0,0/2,6/3,1 Sone	2,36	09/2015	www.pcgh.de/preis/1296495
Asus R9 Nano White	€ 460,-	4.096 MiB	850+/1.000 MHz	14/198/205 Watt	15,3/3,5 cm	1× 8-Pol	0,8/2,9/2,9 Sone	2,42	06/2016	www.pcgh.de/preis/1355032
MSI RX 480 Gaming X 8G	€ 320,-	8.192 MiB	1.303/4.000 MHz	18/209/225 Watt	27,5/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,2/2,4 Sone	2,44	10/2016	www.pcgh.de/preis/1473074
Asus RX 480 Strix OC	€ 320,-	8.192 MiB	1.260+/4.000 MHz	18/179/180 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/4,2/4,2 Sone	2,50	10/2016	www.pcgh.de/preis/1479631
Sapphire RX 480 Nitro+ OC 8GB	€ 320,-	8.192 MiB	1.300+/4.000 MHz	14/215/230 Watt	24,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/5,4/6,6 Sone	2,51	10/2016	www.pcgh.de/preis/1477778
MSI R9 390X Gaming 8G	€ 380,-	8.192 MiB	1.070+/3.050 MHz	23/400/401 Watt	27,5/4,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/4,9/4,9 Sone	2,51	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282063
Powercolor RX 480 Red Devil	€ 300,-	8.192 MiB	1.190+/4.000 MHz	18/199/200 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/2,3/2,3 Sone	2,54	10/2016	www.pcgh.de/preis/1480295
Asus R9 390X Strix DC3OC	€ 360,-	8.192 MiB	1.030+/3.000 MHz	22/345/351 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/4,3/4,3 Sone	2,54	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282538
XFX RX 480 GTR Black Edition	€ 320,-	8.192 MiB	1.320+/4.000 MHz	17/190/203 Watt	28,4/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/4,6/4,7 Sone	2,55	10/2016	www.pcgh.de/preis/1485555
Asus R9 390 Strix DC3OC	€ 300,-	8.192 MiB	1.030+/3.000 MHz	22/344/349 Watt	30,0/3,5 cm	1× 8-/1× 6-Pol	0,0/3,2/3,2 Sone	2,59	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282721
Sapphire RX 480 Nitro+ OC 4GB	€ 250,-	4.096 MiB	1.306/3.500 MHz	14/207/220 Watt	24,0/3,5 cm	1× 8-Pol	0,0/4,2/5,0 Sone	2,61	10/2016	www.pcgh.de/preis/1477762
HIS RX 480 (8 GiByte)	€ 260,-	8.192 MiB	1.140+/4.000 MHz	15/160/164 Watt	24,2/3,6 cm	1× 6-Pol	0,3/3,3/3,3 Sone	2,62	09/2016	www.pcgh.de/preis/1467034
Sapphire RX 480 (4 GiByte)	€ 250,-	4.096 MiB	1.160+/3.500 MHz	16/163/165 Watt	24,2/3,6 cm	1× 8-Pol	0,3/3,3/3,3 Sone	2,69	09/2016	www.pcgh.de/preis/1467114
Sapphire R9 380X Nitro	€ 220,-	4.096 MiB	1.040/3.000 MHz	15/239/250 Watt	23,5/3,5 cm	2× 6-Pol	0,0/2,4/2,5 Sone	2,87	01/2016	www.pcgh.de/preis/1351755 PC Hardware
Asus R9 380X Strix OC	€ 250,-	4.096 MiB	1.030/2.850 MHz	15/199/203 Watt	27,0/3,7 cm	2× 6-Pol	0,0/1,5/1,5 Sone	2,89	01/2016	www.pcgh.de/preis/1357101
XFX R9 380X DD Black Edition OC	€ 210,-	4.096 MiB	1.020+/2.900 MHz	14/192/194 Watt	23,6/3,5 cm	2× 6-Pol	0,6/3,9/4,1 Sone	2,94	03/2016	www.pcgh.de/preis/1357740
Sapphire R9 380 Nitro	€ 240,-	4.096 MiB	985/2.900 MHz	14/197/205 Watt	23,7/3,5 cm	2× 6-Pol	0,0/1,4/1,7 Sone	2,94	09/2015	www.pcgh.de/preis/1280834
MSI R9 380 Gaming 4G	€ 210,-	4.096 MiB	980/2.850 MHz	19/209/229 Watt	26,7/3,5 cm	2× 6-Pol	0,0/1,6/2,0 Sone	2,95	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282072
Asus R9 380 Strix DC2OC-2GD5	€ 150,-	2.048 MiB	990/2.750 MHz	19/220/230 Watt	27,0/3,7 cm	1× 8-Pol	0,0/1,3/1,3 Sone	3,07	09/2015	www.pcgh.de/preis/1282736
Sapphire R9 380 ITX Compact	€ 180,-	2.048 MiB	980/2.800 MHz	11/186/210 Watt	17,1/3,5 cm	1× 8-Pol	0,2/2,3/2,4 Sone	3,08	10/2015	www.pcgh.de/preis/1280836
Sapphire R7 370 Nitro 4GB	€ 165,-	4.096 MiB	985/2.800 MHz	12/115/120 Watt	21,3/3,5 cm	1× 6-Pol	0,0/0,9/1,1 Sone	3,11	03/2016	www.pcgh.de/preis/1282684
XFX R7 370 Double D. 4GB	€ 155,-	4.096 MiB	995/2.800 MHz	12/124/125 Watt	23,6/3,5 cm	1× 6-Pol	0,6/3,7/3,7 Sone	3,17	03/2016	www.pcgh.de/preis/1282798
XFX R7 370 DD Black Edition 2GB	€ 165,-	2.048 MiB	1.040/2.900 MHz	13/124/125 Watt	23,6/3,5 cm	1× 6-Pol	0,6/5,0/5,0 Sone	3,20	03/2016	www.pcgh.de/preis/1282803

* Beliebige Referenzkarte, bis auf die Beigaben sind alle gleich. Sapphire-Karten: Sofern verfügbar, wurde die Full-Retail-Version (max. Zubehör) getestet.

Einkaufsführer Prozessoren & RAM

Preise: Stand 15.09.2016

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

Prozessoren & APUs (Auswahl)

AMD-Prozessoren	Preis	Leistung*	Stromverbrauch**	Kerne	Grafik	Basis-Takt	Prozess	RAM (max.)	Sockel	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
AMD FX-9590	Ca. € 210,-	59,4%/46,2 %	40/441/383/309	4m/8t	-	4,7 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	2,98	03/2016	www.pcgh.de/preis/973468
AMD FX-8370	Ca. € 180,-	55,1%/42,2 %	39/359/318/227	4m/8t	-	4,0 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	3,04	-***	www.pcgh.de/preis/1155953
AMD FX-8350	Ca. € 155,-	54,6%/42,0 %	40/355/312/218	4m/8t	-	4,0 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	3,05	03/2016	www.pcgh.de/preis/852989
AMD FX-8320E	Ca. € 125,-	48,2%/35,6 %	38/282/260/164	4m/8t	-	3,2 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	3,19	-***	www.pcgh.de/preis/1155966
AMD FX-6350	Ca. € 120,-	48,3%/33,1 %	40/316/285/190	3m/6t	-	3,9 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	3,25	-***	www.pcgh.de/preis/939528
PC Games Hardware AMD FX-6300	Ca. € 100-	46,3%/30,5 %	40/287/272/174	3m/6t	-	3,5 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	3,31	-***	www.pcgh.de/preis/853168
AMD A10-7870K	Ca. € 125,-	36,1 %/23,2 %	29/224/255/239	2m/4t	Rad. R7-Serie	3,9 GHz + Turbo	28 nm	DDR3-2133	FM2+	3,39	-***	www.pcgh.de/preis/1259232
AMD FX-4300 (Tray)	Ca. € 55,-	37,5 %/22,8 %	41/262/251/154	2m/4t	-	3,8 GHz + Turbo	32 nm	DDR3-1866	AM3+	3,55	-***	www.pcgh.de/preis/853505
Intel-Prozessoren	**Preis**	**Leistung***	**Stromverbrauch****	**Kerne**	**Grafik**	**Basis-Takt**	**Prozess**	**RAM (max.)**	**Sockel**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Intel Core i7-6950X	Ca. € 1.660,-	100 %/100 %	50/239/370/304	10c/20t	-	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2011-v3	1,51	07/2016	www.pcgh.de/preis/1394456
Intel Core i7-6900K	Ca. € 1.070,-	96,8 %/90,7 %	50/243/349/313	8c/16t	-	3,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2011-v3	1,69	07/2016	www.pcgh.de/preis/1394462
Intel Core i7-6700K	Ca. € 340,-	91,8 %/60,7 %	21/302/256/126	4c/8t	HD 530	4,0 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2133	1151	1,78	03/2016	www.pcgh.de/preis/1290371
Intel Core i7-5775C	Ca. € 380,-	95,9 %/54,7 %	19/287/252/120	4c/8t	Iris Pro 6200	3,3 GHz + Turbo	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	1,85	03/2016	www.pcgh.de/preis/1275291
Intel Core i7-5960X	Ca. € 1.040,-	88,4 %/81,2 %	49/364/286/202	8c/16t	-	3,0 GHz + Turbo	22 nm	DDR4-2133	2011-v3	1,96	03/2016	www.pcgh.de/preis/1121089
Intel Core i7-6800K	Ca. € 430,-	89,3 %/70,2 %	49/235/344/296	6c/12t	-	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2400	2011-v3	2,07	08/2016	www.pcgh.de/preis/1394467
Intel Core i7-5820K	Ca. € 380,-	86,2 %/65,8 %	46/340/278/176	6c/12t	-	3,3 GHz + Turbo	22 nm	DDR4-2133	2011-v3	2,15	03/2016	www.pcgh.de/preis/1121100
Intel Core i7-4790K	Ca. € 345,-	81,9 %/57,1 %	18/320/261/134	4c/8t	HD 4600	4,0 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1600	1150	2,15	03/2016	www.pcgh.de/preis/1119923
Intel Core i5-5675C	Ca. € 290,-	78,8 %/41,7 %	17/245/228/107	4c/4t	Iris Pro 6200	3,1 GHz + Turbo	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	2,29	-***	www.pcgh.de/preis/1275321
Intel Xeon E3-1231 v5	Ca. € 265,-	79,7 %/54,4 %	19/265/234/118	4c/8t	-	3,4 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2133	1151	2,37	03/2016	www.pcgh.de/preis/1343661
Intel Core i5-6600K	Ca. € 230,-	67,3 %/43,7 %	22/245/225/109	4c/4t	HD 530	3,5 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2133	1151	2,44	03/2016	www.pcgh.de/preis/1290376
Intel Core i7-3770K	Ca. € 370,-	70,4 %/45,5 %	25/267/235/123	4c/8t	HD 4600	3,5 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1600	1155	2,52	03/2016	www.pcgh.de/preis/928911
Intel Core i5-4690K	Ca. € 240,-	65,4 %/41,0 %	18/256/229/123	4c/4t	HD 4600	3,5 GHz + Turbo	22 nm	DDR3-1600	1150	2,63	09/2014	www.pcgh.de/preis/1119925
Intel Core i5-6500	Ca. € 195,-	63,4 %/40,6 %	20/230/216/102	4c/4t	HD 530	3,2 GHz + Turbo	14 nm	DDR4-2133	1151	2,75	03/2016	www.pcgh.de/preis/1290386
Intel Core i3-6100	Ca. € 115,-	57,6 %/29,8 %	21/221/208/94	2c/4t	HD 530	3,7 GHz	14 nm	DDR4-2133	1151	2,95	-***	www.pcgh.de/preis/1329935
Intel Pentium G4400	Ca. € 55,-	26,4 %/20,0 %	17/176/193/184	2c/2t	HD 510	3,3 GHz	14 nm	DDR4-2133	1151	3,73	-***	www.pcgh.de/preis/1329945
APUs (AMD/Intel)	**Preis**	**Leistung***	**Stromverbrauch****	**Recheneinheiten**		**Takt CPU/GPU**	**Prozess**	**RAM (max.)**	**Sockel**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Intel Core i7-5775C	Ca. € 380,-	100 %/94,0 %	21/99/97/80	4c/8t/384 (Gen8)		3,3 - 3,7/1,25 GHz	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	1,31	08/2015	www.pcgh.de/preis/1275291
Intel Core i5-5675C	Ca. € 290,-	96,6 %/73,4 %	22/98/93/74	4c/4t/384 (Gen8)		3,1 - 3,6/1,15 GHz	14 nm	DDR3(L)-1600	1150	1,52	-***	www.pcgh.de/preis/1275321
Intel Core i7-6700K	Ca. € 340,-	69,1 %/100 %	23/77/70/112	4c/8t/192 (Gen9)		4,0 - 4,2/1,15 GHz	14 nm	DDR4-2133	1151	1,75	10/2015	www.pcgh.de/preis/1290371
AMD A10-7870K	Ca. € 125,-	83,1 %/43,0 %	26/107/104/108	2m/4t/512 (GCN)		3,9 - 4,1/0,87 GHz	28 nm	DDR3-2400	FM2+	1,98	03/2014	www.pcgh.de/preis/1259232
AMD A10-7850K	Ca. € 100,-	78,4 %/41,5 %	27/104/99/105	2m/4t/512 (GCN)		3,7 - 4,0/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2400	FM2+	2,08	03/2014	www.pcgh.de/preis/1050011
AMD A10-7860K	Ca. € 100,-	75,4 %/40,7 %	26/97/95/102	2m/4t/512 (GCN)		3,6 - 4,0/0,76 GHz	28 nm	DDR3-2400	FM2+	2,12	-***	www.pcgh.de/preis/1389138
AMD A10-7700K	Ca. € 85,-	90,4 %/49,3 %	27/106/104/106	2m/4t/384 (GCN)		3,4 - 3,8/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2133	FM2+	2,22	04/2014	www.pcgh.de/preis/1050012
AMD A10-7800	Ca. € 105,-	73,7 %/39,1 %	27/100/97/97	2m/4t/512 (GCN)		3,5 - 3,9/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2133	FM2+	2,26	09/2014	www.pcgh.de/preis/1076550
AMD A8-7650K	Ca. € 85,-	71,3 %/38,2 %	26/108/111/121	2m/4t/384 (GCN)		3,3 - 3,8/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2400	FM2+	2,28	05/2015	www.pcgh.de/preis/1223313
PC Games Hardware AMD A8-7600	Ca. € 75,-	70,0 %/38,1 %	26/93/90/100	2m/4t/384 (GCN)		3,1 - 3,8/0,72 GHz	28 nm	DDR3-2133	FM2+	2,32	07/2014	www.pcgh.de/preis/1051533

APU-Wertung nicht mit CPU-Wertung vergleichbar * Normierte, gewichtete Leistung in Spielen/Anwendungen ** Kompletter PC in Watt (Leerlauf abzgl. Grafikkarte/Crysis 3/Ø Spiele/Ø Anwendungen); APUs: Leerlauf/BF4/BI/x264, 1080p *** Nachgetestet

Arbeitsspeicher

DDR3	Produktnummer	Preis	Speichertyp	Latenzen	Aufbau*	Höhe	Spannung	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
G.Skill Trident X	F3-2666C12D-16GTXD	Ca. € 230,-	2 x 8 GiByte DDR3-2666	12-13-13-35	Dual-Rank	5,4 cm	1,65 Volt	2,19	06/2015	www.pcgh.de/preis/963433
Klevv Genuine	KM3G8GX2Y-2400	Ca. € 190,-	2 x 8 GiByte DDR3-2400	11-13-13-31	Dual-Rank	5,4 cm	1,65 Volt	2,34	03/2016	www.pcgh.de/preis/1308207
Adata XPG V3	AX3U2933W4G12-DBV-RG	Ca. € 90,-	2 x 4 GiByte DDR3-2933	12-14-14-36	Single-Rank	5,1 cm	1,65 Volt	2,38	10/2014	www.pcgh.de/preis/1150319
G.Skill Trident X	F3-1600C7D-16GTX	Ca. € 90,-	2 x 8 GiByte DDR3-1600	7-8-8-24	Dual-Rank	5,4 cm	1,65 Volt	2,39	06/2015	www.pcgh.de/preis/855480
PC Games Hardware Corsair Vengeance Pro	CMY8GX3M2A1866C9	Ca. € 50,-	2 x 4 GiByte DDR3-1866	9-10-9-27	Single-Rank	4,5 cm	1,50 Volt	2,41	09/2013	www.pcgh.de/preis/951191
Kingston Hyper X Savage	HX321C11SRK2/16	Ca. € 110,-	2 x 8 GiByte DDR3-2133	11-12-12-30	Dual-Rank	3,4 cm	1,60 Volt	2,47	06/2015	www.pcgh.de/preis/1160242
Klevv Neo	KM3N8GX2W-2133	Ca. € 120,-	2 x 8 GiByte DDR3-2133	10-12-12-31	Dual-Rank	4,6 cm	1,60 Volt	2,48	03/2016	www.pcgh.de/preis/1313430
PC Games Hardware Crucial Ballistix Tactical	BLT2CP8G3D1869DT1TX0EU	Ca. € 80,-	2 x 8 GiByte DDR3-1866	9-9-9-27	Dual-Rank	3,6 cm	1,50 Volt	2,52	08/2014	www.pcgh.de/preis/1037301
DDR4	**Produktnummer**	**Preis**	**Speichertyp**	**Latenzen**	**Aufbau***	**Höhe**	**Spannung**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Klevv Cras	KM4C4GX4A-3000-16-18-18-36-0	N. verfügbar	4 x 4 GiByte DDR4-3000	16-18-18-36	Single-Rank	5,7 cm	1,35 Volt	2,24	04/2016	www.pcgh.de/preis/1309530
G.Skill Trident Z	F4-3200C16D-16GTZ	Ca. € 100,-	2 x 8 GiByte DDR4-3200	16-16-16-36	Dual-Rank	4,4 cm	1,35 Volt	2,48	04/2016	www.pcgh.de/preis/1345305
PC Games Hardware Kingston Hyper X Fury	HX426C15FBK2/16	Ca. € 85,-	2 x 8 GiByte DDR4-2666	15-17-17-35	Dual-Rank	3,4 cm	1,20 Volt	2,57	04/2016	www.pcgh.de/preis/1306647
Crucial Ballistix Tactical	BLT2C8G4D26AFTA	Ca. € 90,-	2 x 8 GiByte DDR4-2666	16-17-17-36	Dual-Rank	3,8 cm	1,20 Volt	2,74	04/2016	www.pcgh.de/preis/1314985
PC Games Hardware GEIL Dragon	GWW48GB3000C15DC	Ca. € 45,-	2 x 4 GiByte DDR4-3000	15-17-17-35	Single-Rank	3,2 cm	1,35 Volt	2,78	04/2016	www.pcgh.de/preis/1320964
G.Skill Ripjaws V	F4-2400C15D-16GVR	Ca. € 75,-	2 x 8 GiByte DDR4-2400	15-15-15-35	Dual-Rank	4,1 cm	1,20 Volt	2,94	04/2016	www.pcgh.de/preis/1305384
PC Games Hardware Crucial	CT2K8G4DFD8213	Ca. € 65,-	2 x 8 GiByte DDR4-2133	15-15-15-36	Dual-Rank	3,2 cm	1,20 Volt	2,95	04/2016	www.pcgh.de/preis/1151335
PNY Anarchy X	MD16GK4D4280016AXR	Ca. € 170,-	4 x 4 GiByte DDR4-2800	15-15-15-35	Single-Rank	4,3 cm	1,20 Volt	3,02	04/2016	www.pcgh.de/preis/1351797

System DDR3: Core i7-4770K, Asus Maximus VI Extreme (UEFI 0711/1402), Zotac Geforce GT 640; Windows 7 64 Bit SP1, HCI Memtest Pro * Aufbau von den meisten Herstellern nicht garantiert, ggf. Abweichungen möglich
System DDR4: Core i5-6600K/Core i7-6700K, Asus Maximus VII Extreme/Ranger (UEFI 0014/1402)/MSI Z170A Gaming M7, MSI Geforce GTX 980 Ti Lightning; Windows 10 64 Bit, HCI Memtest Pro

Einkaufsführer Kühlung

Preise: Stand 15.09.2016

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

Lüfter

120-mm-Lüfter	Preis	Anschluss/Kabellänge	Regelung	Drehzahl 100 %	Kühlleistung*	Lautheit*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noctua NF-F12 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM/53 cm	Spannungs-Adapter	1.500 U/min	10,5/13,2/18,0 Kelvin	1,9/0,4/0,1 Sone	2,24	05/2015	www.pcgh.de/preis/698532
Blacknoise Multiframe M12-2	Ca. € 20,-	3-Pin/44 cm	-	1.250 U/min	12,0/14,6/19,9 Kelvin	0,6/0,2/0,1 Sone	2,43	05/2015	www.pcgh.de/preis/342339
Nanoxia FX Evo 120mm IFC 1300	Ca. € 14,-	3-Pin/43 cm	Stufenlos, an Slotblech	1.300 U/min	11,2/13,9/18,6 Kelvin	1,3/0,4/0,1 Sone	2,46	05/2015	www.pcgh.de/preis/732780
Be Quiet Silent Wings 2 PWM	Ca. € 19,-	4-Pin PWM/44 cm	-	1.500 U/min	11,4/14,5/19,7 Kelvin	1,0/0,3/0,1 Sone	2,49	05/2015	www.pcgh.de/preis/877395
Scythe Glide Stream 120 PWM	Ca. € 9,-	4-Pin PWM/50 cm	-	1.300 U/min	10,6/12,7/17,0 Kelvin	1,5/0,6/0,1 Sone	2,51	05/2015	www.pcgh.de/preis/837136
Phobya NB-Eloop 1600rpm	Ca. € 15,-	3-Pin/48 cm	-	1.600 U/min	10,0/12,4/16,5 Kelvin	1,5/0,5/0,1 Sone	2,56	05/2015	www.pcgh.de/preis/929515
Blacknoise Black Silent Pro PL-2	Ca. € 12,-	3-Pin/75 cm	-	1.400 U/min	12,3/14,8/20,0 Kelvin	1,1/0,4/0,1 Sone	2,60	05/2015	www.pcgh.de/preis/476778
Cooler Master Silencio FP 120 PWM	Ca. € 10,-	4-Pin PWM/44 cm	-	1.400 U/min	12,7/15,9/21,5 Kelvin	0,7/0,4/0,1 Sone	2,64	05/2015	www.pcgh.de/preis/1227673
Be Quiet Shadow Wings SW1	Ca. € 11,-	3-Pin/45 cm	-	2.200 U/min	9,5/11,6/15,4 Kelvin	2,8/1,0/0,2 Sone	2,76	05/2015	www.pcgh.de/preis/684033
Phanteks PH-F120SP_WLED	Ca. € 15,-	3-Pin/50 cm	-	1.300 U/min	11,8/14,1/19,5 Kelvin	1,4/0,7/0,1 Sone	2,77	05/2015	www.pcgh.de/preis/1232249
140-mm-Lüfter	**Preis**	**Anschluss/Kabellänge**	**Regelung**	**Drehzahl 100 %**	**Kühlleistung***	**Lautheit***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Blacknoise Eloop B14-PS	Ca. € 25,-	4-Pin PWM/75 cm	–	1.200 U/min	8,8/11,0/15,2 Kelvin	1,2/0,3/0,1 Sone	2,03	01/2016	www.pcgh.de/preis/1313838
Thermaltake Riing 14 RGB	Ca. € 24,-	4-Pin PWM/45 cm	2-stufig	1.400 U/min	9,1/11,3/16,9 Kelvin	1,6/0,7/0,1 Sone	2,27	01/2016	www.pcgh.de/preis/1348647
Noctua NF-A14 FLX	Ca. € 18,-	3-Pin/53 cm	2 Spann.-Adapter	1.200 U/min	9,5/12,0/16,9 Kelvin	1,2/0,4/0,1 Sone	2,27	01/2016	www.pcgh.de/preis/870798
Aerocool Dead Silence White Ed.140mm	Ca. € 22,-	3-Pin/50 cm	Spannungs-Adapter	1.000 U/min	10,3/12,9/18,3 Kelvin	0,7/0,3/0,1 Sone	2,33	01/2016	www.pcgh.de/preis/1058907
Blacknoise Black Silent Pro PK-2	Ca. € 15,-	3-Pin/75 cm	–	1.200 U/min	10,2/12,8/18,1 Kelvin	1,2/0,5/0,1 Sone	2,39	01/2016	www.pcgh.de/preis/476867
Fractal Design Venturi HP-14 PWM	Ca. € 18,-	4-Pin PWM/50 cm	–	1.500 U/min	9,6/11,7/18,2 Kelvin	1,6/0,6/0,1 Sone	2,41	01/2016	www.pcgh.de/preis/1266895
Enermax T.B.Silence PWM 140mm	Ca. € 11,-	4-Pin PWM/49 cm	–	1.200 U/min	9,2/11,8/16,0 Kelvin	1,7/0,6/0,1 Sone	2,42	01/2016	www.pcgh.de/preis/886129
Silverstone SST-FQ141	Ca. € 15,-	4-Pin PWM/29 cm	Spannungs-Adapter	1.000 U/min	10,3/12,9/17,6 Kelvin	1,1/0,4/0,1 Sone	2,42	01/2016	www.pcgh.de/preis/1170330
Be Quiet Silent Wings 2 PWM	Ca. € 19,-	4-Pin PWM/45 cm	–	1.000 U/min	11,4/15,3/21,0 Kelvin	0,5/0,1/0,1 Sone	2,44	01/2016	www.pcgh.de/preis/877396
Phanteks PH-F140SP	Ca. € 15,-	3-Pin/92 cm	–	1.200 U/min	8,9/11,5/16,2 Kelvin	1,7/0,5/0,1 Sone	2,45	01/2016	www.pcgh.de/preis/1112616
Nanoxia Cool Force	Ca. € 10,-	3-Pin/43 cm	Vorwiderstand	1.100 U/min	12,2/14,6/20,3 Kelvin	0,4/0,2/0,1 Sone	2,47	01/2016	www.pcgh.de/preis/1395404
Enermax Cluster Advance	Ca. € 13,-	4-Pin PWM/49 cm	3-stufig an Lüfternabe	1.500 U/min	8,4/10,1/14,8 Kelvin	2,8/1,4/0,3 Sone	2,65	01/2016	www.pcgh.de/preis/1186749
Akasa 14cm Apache Black	Ca. € 16,-	4-Pin PWM/40 cm	–	1.300 U/min	8,1/10,2/14,0 Kelvin	2,8/1,1/0,3 Sone	2,72	01/2016	www.pcgh.de/preis/681031
Noctua NF-A14 Industr.-PPC-2000 PWM	Ca. € 27,-	4-Pin PWM/40 cm	–	2.000 U/min	6,9/8,1/11,8 Kelvin	3,8/1,9/0,5 Sone	2,75	01/2016	www.pcgh.de/preis/1115473
Be quiet Pure Wings 2 140mm	Ca. € 8,-	3-Pin/45 cm	–	1.000 U/min	11,8/15,6/21,1 Kelvin	0,6/0,2/0,1 Sone	2,88	01/2016	www.pcgh.de/preis/994425
180-mm-Lüfter	**Preis**	**Anschluss/Kabellänge**	**Regelung**	**Drehzahl 100 %**	**Kühlleistung***	**Lautheit***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Phobya G-Silent 18 rot	Ca. € 20,-	3-Pin/50 cm	-	700 U/min	7,3/9,0/12,6 Kelvin	0,6/0,2/0,1 Sone	1,72	04/2015	www.pcgh.de/preis/955636

* Auf Alphacool Nexxxos XT45 120/140/180 mm Radiator, Differenztemperatur Wasser/Luft; Wärmequelle: Xeon E5-2687W (150 W TDP); Messung bei 100/75/50 % Lüfterdrehzahl; ** Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung ggf. zusätzliche Störgeräusche

Prozessorkühler

Modell	Preis	Maße (B × H × T) Gewicht	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp. (100/75/50 %)	Lautheit (100/75/50 %)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Noctua NH-D15	Ca. € 85,-	151 × 175 × 162 mm; 1312 g	50,8 °C (1.020 U/min)	48,1/49,9/54,5 °C	3,0/1,2/0,2 Sone	2,08	09/2015	www.pcgh.de/preis/1098241
Thermaltake Frio Extreme Silent 14 Dual	Ca. € 80,-	157 × 166 × 146 mm; 1235 g	50,3 °C (1.000 U/min)	49,6/52,1/61,2 °C	1,6/0,6/0,1 Sone	2,11	09/2015	www.pcgh.de/preis/1196525
Scythe Fuma	Ca. € 45,-	138 × 149 × 131 mm; 923 g	52,0 °C (900 U/min)	48,5/50,8/56,2 °C	2,9/1,3/0,4 Sone	2,13	05/2016	www.pcgh.de/preis/1339886
Noctua NH-U14S	Ca. € 70,-	152 × 166 × 80 mm; 938 g	51,4 °C (1.140 U/min)	49,7/52,1/58,7 °C	1,8/1,1/0,3 Sone	2,16	12/2014	www.pcgh.de/preis/929404
EKL Alpenföhn Olymp	Ca. € 60,-	155 × 161 × 151 mm; 1.187 g	52,8 °C (1.020 U/min)	50,8/53,5/61,5 °C	2,0/0,9/0,1 Sone	2,18	05/2016	www.pcgh.de/preis/1386052
Thermalright Macho Rev. B	Ca. € 43,-	142 × 173 × 129 mm; 877 g	52,2 °C (1.190 U/min)	51,2/54,7/62,9 °C	1,2/0,5/0,2 Sone	2,22	02/2015	www.pcgh.de/preis/1193857
Scythe Ninja 4	Ca. € 40,-	132 × 155 × 155 mm; 905 g	52,4 °C (1.170 U/min)	50,6/53,2/60,3 °C	2,1/0,7/0,2 Sone	2,22	09/2015	www.pcgh.de/preis/1267181
Thermalright Macho Direct	Ca. € 34,-	152 × 162 × 128 mm; 823 g	52,1 °C (1.190 U/min)	52,1/54,8/61,3 °C	1,0/0,3/0,1 Sone**	2,23	04/2016	www.pcgh.de/preis/1372274
Thermalright Silver Arrow ITX	Ca. € 70,-	167 × 163 × 105 mm; 775 g	52,1 °C (1.070 U/min)	50,2/54,3/62,9 °C	1,5/0,5/0,1 Sone	2,27	05/2016	www.pcgh.de/preis/1209699
Be Quiet Dark Rock Pro 3	Ca. € 75,-	141 × 164 × 150 mm; 1244 g	51,6 °C (1.340 U/min)	50,3/52,1/55,6 °C	2,1/0,9/0,3 Sone	2,29	09/2015	www.pcgh.de/preis/1054341
EKL Alpenföhn Brocken 2	Ca. € 38,-	153 × 173 × 98 mm; 840 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	53,8/57,7/64,6 °C	0,8/0,2/0,1 Sone	2,38	09/2015	www.pcgh.de/preis/912549
Cryorig R1 Ultimate	n. verfüg.	144 × 166 × 144 mm; 1316 g	52,5 °C (900 U/min)	48,7/50,8/55,8 °C	3,9/1,8/0,5 Sone	2,43	09/2015	www.pcgh.de/preis/1062161
Thermaltake Frio Silent 14	Ca. € 40,-	150 × 165 × 68 mm; 633 g	54 °C (1.060 U/min)	52,2/55,4/63,9 °C	1,2/0,3/0,1 Sone	2,48	12/2014	www.pcgh.de/preis/1157899
Cooler Master Hyper 612 Ver.2	Ca. € 39,-	151 × 162 × 131 mm; 945 g	Nicht mögl. (max. 0,9 Sone)	54,9/58,2/–* °C	0,9/0,3/–* Sone	2,50	12/2014	www.pcgh.de/preis/1172666
Noctua NH-D15S	Ca. € 80,-	149 × 163 × 134 mm; 1.153 g	53,2 °C (1.080 U/min)	50,3/53,2/60,3 °C	2,3/1,0/0,3 Sone	2,54	05/2016	www.pcgh.de/preis/1271076
EKL Alpenföhn Brocken Eco	Ca. € 31,-	131 × 151 × 88 mm; 612 g	55,9 °C (1.240 U/min)	53,7/57,4/64,2 °C	1,4/0,5/0,1 Sone	2,55	12/2014	www.pcgh.de/preis/1081623
Arctic Freezer i32	Ca. € 26,-	124 × 150 × 74 mm; 659 g	53 °C (1.270 U/min)	53,0/58,3/67,3 °C	1,0/0,4/0,2 Sone**	2,56	04/2016	www.pcgh.de/preis/1325324
Cooler Master Hyper 412S	Ca. € 38,-	132 × 162 × 97 mm; 580 g	Nicht mögl. (max. 0,8 Sone)	56,7/59,1/67,2 °C	0,8/0,3/0,1 Sone	2,62	09/2015	www.pcgh.de/preis/697260
Cryorig H5 Universal	n. verfüg.	143 × 162 × 98 mm; 851 g	56,3 °C (960 U/min)	52,9/55,6/59,9 °C	3,0/1,2/0,3 Sone	2,64	12/2014	www.pcgh.de/preis/1147852
Be Quiet Shadow Rock Slim	Ca. € 38,-	141 × 159 × 73 mm; 702 g	54,8 °C (1.220 U/min)	53,5/57,1/64,3 °C	1,6/0,5/0,1 Sone	2,69	09/2015	www.pcgh.de/preis/1054903
Noctua NH-C14S	Ca. € 75,-	146 × 142 × 164 mm; 1.013 g	57,3 °C (980 U/min)	53,2/55,7/62,3 °C	3,1/1,4/0,3 Sone	2,98	04/2016	www.pcgh.de/preis/1271077
LC Power Cosmo Cool LC-CC-120-X3	Ca. € 80,-	140 × 159 × 171 mm; 1180 g	55 °C (960 U/min)	50,7/52,5/56,0 °C	4,8/2,2/0,6 Sone	3,00	09/2015	www.pcgh.de/preis/1192074
Enermax ETS-T40F-RF	Ca. € 38,-	140 × 163 × 67 mm; 593 g	59,7 °C (900 U/min)	57,0/60,6/68,2 °C	2,2/0,9/0,2 Sone	3,13	04/2016	www.pcgh.de/preis/1312836
Cooler Master Hyper 212X	Ca. € 32,-	120 × 160 × 80 mm; 605 g	58,9 °C (1.200 U/min)	55,2/58,9/70,5 °C	2,2/1,0/0,4 Sone	3,17	04/2016	www.pcgh.de/preis/1295913
EKL Alpenföhn Atlas	Ca. € 39,-	108 × 124 × 138 mm; 643 g	61 °C (1.500 U/min)	60,0/66,4/83,7 °C	1,5/0,5/0,2 Sone	3,42	04/2016	www.pcgh.de/preis/1302535
EKL Alpenföhn Ben Nevis	Ca. € 22,-	118 × 141 × 71 mm; 490 g	63 °C (1.420 U/min)	61,0/65,2/75,4 °C	2,1/0,6/0,1 Sone	3,80	09/2015	www.pcgh.de/preis/1211188
Be Quiet Shadow Rock LP	Ca. € 35,-	122 × 81 × 135 mm; 461 g	66,5 °C (1.330 U/min)	64,4/71,2/87,4 °C	1,4/0,5/0,1 Sone	4,21	04/2016	www.pcgh.de/preis/1215207

* Betrieb mit 50 Prozent Drehzahl nicht möglich ** Messung mit analoger Ansteuerung; bei PWM-Ansteuerung gegebenenfalls zusätzliche Störgeräusche

Einkaufsführer Wasserkühlung & Mainboards

Preise: Stand 15.09.2016

PCGH Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH Hardware SPAR-TIPP

Vorgefüllte Kompakt- und modulare Wasserkühlungen

Modell	Preis	Radiator (B × H × T)	CPU-Temp. 1,0 Sone	CPU-Temp., (100/75/50%)	Lauth. (100/75/50%/Pumpe)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Alphacool Eisbaer 240	Ca. € 120,-	274 × 124 × 55 mm	50,7 °C (1.020 U/min)	49,4/51,2/56,0 °C	3,9/1,9/,6/0,1 Sone	1,56	08/2016	www.pcgh.de/preis/758311939
PCGH Hardware Arctic Liquid Freezer 240	Ca. € 70,-	273 × 120 × 88 mm	47,4 °C (970 U/min)	47,9/50,5/56,7 °C	2,5/1,0/,2/0,2 Sone**	1,78	03/2016	www.pcgh.de/preis/1341649
EK Water Blocks EK-XLC Predator 360	Ca. € 290,-	415 × 136 × 69 mm	48,1 °C (900 U/min)	44,8/47,2/54,0 °C	6,1/3,3/1,4/0,4 Sone**	2,12	03/2016	www.pcgh.de/preis/1311746
Cooler Master Nepton 240M	Ca. € 100,-	277 × 123 × 59 mm	49,7 °C (1.320 U/min)	48,2/50,6/56,6 °C	4,3/2,1/,6/0,2 Sone	2,13	06/2015	www.pcgh.de/preis/1184616
Enermax Liqmax II 240	Ca. € 70,-	275 × 120 × 53 mm	53,3 °C (1.020 U/min)	51,4/53,7/60,9 °C	2,8/1,3/,4/0,3 Sone	2,20	06/2015	www.pcgh.de/preis/1214287
Antec Kühler H2O 1200 Pro	Ca. € 80,-	276 × 120 × 52 mm	51,7 °C (1.000 U/min)	50,0/51,8/57,6 °C	4,2/2,0/,7/0,1 Sone	2,25	04/2016	www.pcgh.de/preis/1374223
EK Water Blocks EK-XLC Predator 240	Ca. € 230,-	296 × 136 × 69 mm	50,0 °C (1.020 U/min)	47,2/50,7/61,5 °C	5,0/2,8/1,0/0,5 Sone**	2,40	03/2016	www.pcgh.de/preis/1311737
Modell	**Preis**	**Radiator (B × H × T)**	**CPU-Temp. 1,0 Sone**	**CPU-Temp., (100/75/50%)**	**Lauth. (100/75/50%/Pumpe)**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Alphacool Nexx. Cool Answer 240 D5/ST	Ca. € 260,-	275 × 124 × 55 mm	49,6 °C (1.120 U/min)	49,6/51,3/57,4 °C	1,0/0,5/0,1/0,1 Sone	1,24	09/2016	www.pcgh.de/preis/1132495
EK Water Blocks EK-Kit S240	Ca. € 200,-	282 × 121 × 52 mm	49,2 °C (1.200 U/min)	47/49,2/53 °C	2,3/1,0/0,3/0,1 Sone	1,34	09/2016	www.pcgh.de/preis/1443185
XSPC Ray Storm Pro Ion AX240 Kit	n. verfüg.	287 × 128 × 65 mm	48,9 °C (1.000 U/min)	45,6/47,4/51,8 °C	2,9/1,3/0,5/0,3 Sone	1,58	09/2016	www.pcgh.de/preis/1450064

Temperatur- und Lautheitsmessungen entsprechen Luftkühlern, aber das Benotungssystem weicht ab. Wertung nicht vergleichbar! * Messung mit analoger Ansteuerung. Bei PWM-Ansteuerung gegebenenfalls zusätzliche Störgeräusche.

Mainboards für AMD-Prozessoren

Sockel FM2+	Preis	Chip/Format	Slotanzahl	USB 3.0 (Front)/SATA3	Besonderheiten	Stromverbrauch*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Asus A88X-Pro	Ca. € 110,-	A88X/ATX	x16 (2), x1 (2), PCI (2)	4 x (6 x)/6 x 6Gb/s	BIOS-Flashback	38,1/173,2 Watt	1,66	03/2014	www.pcgh.de/preis/1001720
PCGH Hardware Asrock FM2A88X+ Killer	Ca. € 90,-	A88X/ATX	x16 (2), x1 (2), PCI (3)	4 x (2 x)/8 x 6Gb/s	Killer E2200 LAN	25,1/163,3 Watt	1,67	03/2014	www.pcgh.de/preis/1051505
Gigabyte G1.Sniper A88X	Ca. € 90,-	A88X/ATX	x16 (2), x1 (3), PCI (2)	2 x (2 x)/8 x 6Gb/s	HQ-D/A-Wandler	34,4/172,2 Watt	1,69	03/2014	www.pcgh.de/preis/994595
Sockel AM3+	**Preis**	**Chip/Format**	**Slotanzahl**	**USB 3.0 (Front)/SATA3**	**Besonderheiten**	**Stromverbrauch***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asrock 990FX Killer	Ca. € 130,-	990/ATX	x16 (3), x1 (2), PCI (0)	4 x (2 x)/5 x 6Gb/s	M.2-Schnittstelle	60,7/287,4 Watt	1,76	09/2014	www.pcgh.de/preis/1051502
Asus Crosshair Formula-Z	Ca. € 220,-	990/ATX	x16 (4), x1 (2), PCI (0)	4 x (2 x)/8 x 6Gb/s	Gut übertaktbar	67,0/290,4 Watt	1,84	09/2014	www.pcgh.de/preis/823995
Asus 990FX Sabertooth	Ca. € 170,-	990/ATX	x16 (4), x1 (1), PCI (1)	4 x (2 x)/8 x 6Gb/s	E-SATA	81,4/334,7 Watt	1,89	09/2014	www.pcgh.de/preis/827096
PCGH Hardware Asus M5A97 R2.0	Ca. € 85,-	970/ATX	x16 (2), x1 (2), PCI (2)	2 x (4 x)/6 x 6Gb/s	BIOS-Flashback	58,8/277,6 Watt	1,89	01/2013	www.pcgh.de/preis/818969

* Leistungsaufnahme des ganzen PCs (A10-850K bzw. FX-8350 + HD 7970; 2× 2 GiB DDR3-1333) bei Windows-Leerlauf/Stabilitätstest

Mainboards für Intel-Prozessoren

Sockel 1151	Preis	PCH/Form.	PCI-E CPU (3.0) & PCH (3.0)	M.2-Anbindung	Sound	USB ext./int.; SATA	Lüfter	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Gigabyte Z170X-Gam. G1	Ca. € 520,-	Z170/E-ATX	×16*/×0*/×16*/×0* & ×1/×1/×1	3.0×4**; 3.0×4**	Sound Core	2/0×3.1; 7/4×3.0; 10×	6 (2× PWM)	1,64	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306474
Asus Z170-Deluxe	Ca. € 290,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×1/×2*	3.0×4	ALC1150	6/0×3.1; 1/4×3.0; 8×	7 (6× PWM)	1,77	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306329
Asus Maximus VIII Ranger	Ca. € 180,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4	ALC1150	2/0×3.1; 2/4×3.0; 6×	7 (7× PWM)	1,78	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306336
MSI Z170A Gaming Pro	Ca. € 150,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4**	ALC1150	2/0×3.1; 4/2×3.0; 6×	5 (2× PWM)	2,12	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306786
PCGH Hardware Asrock Z170 Gaming K4	Ca. € 120,-	Z170/ATX	×16 & ×1/×1/×4/×1	3.0×4	ALC1150	0/0×3.1; 6/2×3.0; 6×	6 (6× PWM)	2,15	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306625
Gigabyte Z170X-Gaming 3	Ca. € 140,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×0*/×4*	3.0×4; 3.0×4**	ALC1150	2/0×3.1; 3/4×3.0; 6×	5 (1× PWM)	2,23	11/2015	www.pcgh.de/preis/1306467
MSI Z170A Gaming M7	Ca. € 200,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×0*/×0*/×0*/×4*	3.0×4; 3.0×4***	ALC1150	2/0×3.1; 2/4×3.0; 6×	5 (3× PWM)	2,31	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306689
EVGA Z170 Classified	Ca. € 500,-	Z170/E-ATX	×16*/×0*/×0*/×0*/×0* & ×4	3.0×4**; 3.0×1	Sound Core	0/2×3.1; 6/2×3.0; 8×	7 (7× PWM)	2,39	10/2015	www.pcgh.de/preis/1306951
Asrock Z170 Extreme4	Ca. € 140,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1/×4	3.0×4**	ALC1150	2/0×3.1; 6/2×3,0; 6×	5 (4× PWM)	2,46	08/2016	www.pcgh.de/preis/1306610
Supermicro C7Z170-SQ	Ca. € 260,-	Z170/ATX	×16*/×0*/×0* & ×1/×4/×1	3.0×4	ALC898	1/0×3.1; 2/4×3.0; 6×	5 (5× PWM)	2,50	10/2015	www.pcgh.de/preis/1307677
MSI H170A PC Mate	Ca. € 95,-	H170/ATX	×16 & ×0*/×0*/×0*/×4*	3.0×4**	ALC887	2/0×3.1; 4/2×3,0; 6×	4 (2× PWM)	2,59	08/2016	www.pcgh.de/preis/1319556
Biostar Z170GT7	Ca. € 160,-	Z170/ATX	×16*/×0* & ×1/×0*/×4*/×0*/×4	3.0×4**	ALC898	1/0×3.1; 5/2×3,0; 6×	5 (5× PWM)	2,73	08/2016	www.pcgh.de/preis/1390374
PCGH Hardware Asrock B150M Pro4S	Ca. € 70,-	B150/µATX	×16 & ×1/×1/×4	–	ALC892	0/0×3.1; 4/2×3,0; 6×	3 (3× PWM)	2,91	08/2016	www.pcgh.de/preis/1318332
Super Micro C7H170-M	Ca. € 190,-	H170/µATX	×16 & ×4/×1	3.0×4	ALC1150	0/0×3.1; 4/2×3,0; 6×	5 (5× PWM)	3,37	08/2016	www.pcgh.de/preis/1326288
Asus H110M-Plus	Ca. € 70,-	H110/µATX	×16 & ×1(2.0!)/×1(2.0!)	–	ALC887	2/0×3.1; 2/2×3,0; 4×	2 (2× PWM)	3,46	08/2016	www.pcgh.de/preis/1350313
Sockel 2011-v3	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (2.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asrock X99 Taichi	Ca. € 270,-	X99/ATX	×16*/×16/×0* & ×1/×1	3.0×4; 3.0×4	ALC1150	2/×3.1; 3/2×3,0; 10×	5 (3× PWM)	1,83	10/2016	www.pcgh.de/preis/1462624
Asus Strix X99 Gaming	Ca. € 290,-	X99/ATX	×16*/×16/×0* & ×0*/×1*/×1*	3.0×4	ALC1150	2/×3.1; 4/4×3,0; 10×	6 (6× PWM)	1,84	10/2016	www.pcgh.de/preis/1441449
Asrock X99 Extreme4/3.1	Ca. € 240,-	X99/ATX	×16/×16/×0* & ×4/×1	3.0×4*	ALC1150	/×3.1; 4/2×3,0; 10×	6 (2× PWM)	1,85	10/2016	www.pcgh.de/preis/1252790
Gigabyte X99-Ultra Gam.	Ca. € 280,-	X99/ATX	×16*/×16*/×0*/×0* & ×1	3.0×4	ALC1150	2/×3.1; 6/4×3,0; 10×	5 (3× PWM)	1,88	10/2016	www.pcgh.de/preis/1446348
Asus X99-E	Ca. € 230,-	X99/ATX	×16/×16/×0* & ×1/×1	3.0×4*	ALC1150	1/×3.1; 4/4×3,0; 10×	5 (5× PWM)	1,94	10/2016	www.pcgh.de/preis/1441447
MSI X99A Raider	Ca. € 190,-	X99/ATX	×16*/×16/×0* & ×1/×1	3.0×4	ALC892	2/×3.1; 4/2×3,0; 10×	5 (2× PWM)	1,94	10/2016	www.pcgh.de/preis/1247988
MSI X99A Gam. Pro Carb.	Ca. € 300,-	X99/ATX	×16*/×16/×0*/×0* & ×1/×1	3.0×4* o. 2.0×2**	ALC1150	2/×3.1; 4/5×3,0; 10×	5 (1× PWM)	1,96	10/2016	www.pcgh.de/preis/1443681
EVGA X99 FTW K	Ca. € 350,-	X99/E-ATX	×16*/×0*/×0*/×16*/×0* & ×1	3.0×4*	ALC1150	2/×3.1; 4/4×3,0; 10×	7 (7× PWM)	2,10	10/2016	www.pcgh.de/preis/1452679
Sockel 1150	**Preis**	**PCH/Form.**	**PCI-E CPU (3.0) & PCH (2.0)**	**M.2-Anbindung**	**Sound**	**USB ext./int.; SATA**	**Lüfter**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asrock Z97 Extreme6	Ca. € 150,-	Z97/ATX	×16*/×0* & ×1/×1*/×2	3.0×4*; 2.0×2**	ALC1150	0×3.1; 6/4×3.0; 10×	6 (2×4-Pin)	1,90	06/2015	www.pcgh.de/preis/1106887
Asus Z79-A/USB 3.1	n. verfüg.	Z97/ATX	×16*/×0* & ×0*/×0*/×0*	2.0×2*	ALC892	2×3.1; 4/2×3.0; 6×	6 (6×4-Pin)	2,00	06/2015	www.pcgh.de/preis/1238117
Gigabyte G1.Sniper Z97	n. verfüg.	Z97/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1	–	Sound Core	0×3.1; 4/2×3.0; 6×	4 (4×4-Pin)	2,13	06/2015	www.pcgh.de/preis/1107852
Biostar Gaming Z97X	Ca. € 180,-	Z97/ATX	×16*/×0*/×0* & ×1/×1/×1	2.0×2**	ALC892	2×3.1; 4/2×3.0; 8×	6 (6×4-Pin)	2,30	06/2015	www.pcgh.de/preis/1230180
PCGH Hardware MSI Z97S SLI Krait Edition	Ca. € 110,-	Z97/ATX	×16*/×0* & ×1/×1/×1	2.0×2**	ALC892	0×3.1; 4/2×3.0; 6×	5 (5×4-Pin)	2,37	07/2015	www.pcgh.de/preis/1153578
Gigabyte GA-H97-D3H	Ca. € 95,-	H97/ATX	×16 & ×0*/×4*/×0*	2.0×2**	ALC1150	0×3.1; 4/2×3.0; 6×	5 (5×4-Pin)	2,87	07/2015	www.pcgh.de/preis/1107992

* PCI-E-Lane-Sharing ** M.2 shared mit SATA *** M.2 shared mit SATA und mit PCI-E-Slot(s)

Einkaufsführer LCDs & Eingabegeräte

Preise: Stand 15.09.2016

PCGH PREIS-LEISTUNGS-TIPP PCGH SPAR-TIPP

LCDs

Full HD	Preis	Bilddiagonale	Refreshrate	Reaktionszeit	Inputlag	Leuchtkraft	Paneltyp	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Asus MG248Q	Ca. € 330,-	24 Zoll	144 Hertz	5 ms	3 ms	69 bis 320 cd/m²	TN-Panel	1,66	06/2016	www.pcgh.de/preis/1419189
Iiyama GB2488HSU-B2	Ca. € 280,-	24 Zoll	144 Hertz	5 ms	12 ms	78 bis 367 cd/m²	TN-Panel	1,69	05/2016	www.pcgh.de/preis/1367528
Acer XF240H bmjdpr	Ca. € 280,-	24 Zoll	144 Hertz	5 ms	2 ms	120 bis 370 cd/m²	TN-Panel	1,74	05/2016	www.pcgh.de/preis/1344416
AOC G2460PF	Ca. € 245,-	24 Zoll	144 Hertz	6 ms	4 ms	156 bis 358 cd/m²	TN-Panel	1,77	05/2016	www.pcgh.de/preis/1318972
Asus VG278HV	Ca. € 360,-	27 Zoll	144 Hertz	5 ms	9 ms	58 bis 305 cd/m²	TN-Panel	1,79	05/2016	www.pcgh.de/preis/1336350
Eizo Foris FS2434	Ca. € 310,-	24 Zoll	60 Hertz	5 ms	7 ms	5 bis 239 cd/m²	IPS-Panel	1,92	10/2014	www.pcgh.de/preis/1128190
Samsung S27E591C	Ca. € 290,-	27 Zoll	75 Hertz	12 ms	2 ms	40 bis 355 cd/m²	MVA-Panel	1,92	05/2016	www.pcgh.de/preis/1240823
WQHD	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asus ROG PG279Q	Ca. € 820,-	27 Zoll	165 Hertz	6 ms	9 ms	50 bis 300 cd/m²	IPS-Panel	1,79	12/2015	www.pcgh.de/preis/1275089
Benq BL2710PT	Ca. € 405,-	27 Zoll	60 Hertz	4 ms	19 ms	65 bis 382 cd/m²	AHVA-Panel	1,86	03/2014	www.pcgh.de/preis/978482
Asus MG279Q	Ca. € 600,-	27 Zoll	144 Hertz	8 ms	9 ms	35 bis 343 cd/m²	IPS-Panel	1,87	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215454
Benq XL2730Z	Ca. € 530,-	27 Zoll	144 Hertz	8 ms	8 ms	52 bis 353 cd/m²	TN-Panel	2,01	05/2015	www.pcgh.de/preis/1223748
Acer T272HUL bmidpcz	Ca. € 545,-	27 Zoll	60 Hertz	5 ms	19 ms	74 bis 312 cd/m²	AHVA-Panel	2,04	03/2014	www.pcgh.de/preis/997601
Ultra HD	**Preis**	**Bilddiagonale**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asus PB287Q	Ca. € 430,-	28 Zoll	60 Hertz	2 ms	3 ms	36 bis 277 cd/m²	TN-Panel	1,87	07/2014	www.pcgh.de/preis/1094194
Asus PB279Q	Ca. € 620,-	27 Zoll	60 Hertz	6 ms	9 ms	54 bis 266 cd/m²	IPS-Panel	2,04	01/2015	www.pcgh.de/preis/1123437
LG 27MU67-B	Ca. € 440,-	27 Zoll	60 Hertz	8 ms	11 ms	72 bis 230 cd/m²	IPS-Panel	2,12	09/2015	www.pcgh.de/preis/1273811
21:9	**Preis**	**Auflösung**	**Refreshrate**	**Reaktionszeit**	**Inputlag**	**Leuchtkraft**	**Paneltyp**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Asus ROG PG348Q	Ca. € 1.300,-	3.440 x 1.440	100 Hertz	6 ms	4 ms	31 bis 324 cd/m²	IPS-Panel	1,61	04/2016	www.pcgh.de/preis/1276261
LG 34UC98-W	Ca. € 890,-	3.440 x 1.440	75 Hertz	10 ms	2 ms	70 bis 295 cd/m²	IPS-Panel	1,76	07/2016	www.pcgh.de/preis/1395258
Samsung S34E790C	Ca. € 735,-	3.440 x 1.440	60 Hertz	10 ms	6 ms	46 bis 295 cd/m²	MVA-Panel	1,76	04/2016	www.pcgh.de/preis/1195794
Acer Predator X34	Ca. € 1.100,-	3.440 x 1.440	100 Hertz	12 ms	8 ms	19 bis 306 cd/m²	IPS-Panel	1,89	04/2016	www.pcgh.de/preis/1257523
LG 34UM67-P	Ca. € 470,-	2.560 x 1.080	60 Hertz	10 ms	11 ms	52 bis 320 cd/m²	IPS-Panel	2,05	05/2015	www.pcgh.de/preis/1218026

Mäuse

Modell	Preis	Kabellänge	Tasten	Abtastung	Auflösung	Gewicht	Ergonomie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Roccat Nyth	Ca. € 120,-	180 cm	16 + Scrollrad	Optisch (Laser)	12.000 Dpi	130 Gramm	Sehr gut	1,16	11/2015	www.pcgh.de/preis/1300527
Roccat Tyon	Ca. € 85,-	180 cm	16 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	126 Gramm	Sehr gut	1,32	12/2014	www.pcgh.de/preis/1154844
Logitech G900 Chaos Spectrum	Ca. € 170,-	Schnurlos	10 + Scrollrad	Optisch (LED)	12.000 Dpi	107 Gramm	Sehr gut	1,33	07/2016	www.pcgh.de/preis/1414931
Asus ROG Spatha	Ca. € 170,-	Schnurlos	11 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	133 Gramm	Sehr gut	1,36	10/2016	www.pcgh.de/preis/1241345
Razer Mamba Tournament Edition	Ca. € 85,-	210 cm	6 + Scrollrad	Optisch (Laser)	16.000 Dpi	133 Gramm	Sehr gut	1,39	01/2016	www.pcgh.de/preis/1310517
Logitech G502 Proteus Core	Ca. € 90,-	180 cm	9 + Scrollrad	Optisch (Laser)	12.000 Dpi	128 bis 146 Gramm	Sehr gut	1,42	07/2014	www.pcgh.de/preis/1098847
Mionix Naos 8200	Ca. € 75,-	200 cm	6 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	105 Gramm	Sehr gut	1,43	12/2014	www.pcgh.de/preis/900404
Steelseries Sensei MLG Edition	Ca. € 110,-	200 cm	7 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	105 Gramm	Sehr gut	1,43	12/2012	www.pcgh.de/preis/871876
Roccat Kone XTD	Ca. € 75,-	180 cm	7 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	120 bis 140 Gramm	Sehr gut	1,43	12/2012	www.pcgh.de/preis/841868
Razer Ouroboros	Ca. € 120,-	Schnurlos	8 + Scrollrad	Laser und LED	8.200 Dpi	117/147 Gramm mit Akku	Sehr gut	1,43	07/2013	www.pcgh.de/preis/815637
Rapoo Vpro VR900	Ca. € 40,-	180 cm	7 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	115 Gramm	Sehr gut	1,46	12/2014	www.pcgh.de/preis/393923114
Mad Catz R.A.T. Tournament Ed.	Ca. € 70,-	180 cm	9 + Scrollrad	Optisch (Laser)	8.200 Dpi	91 Gramm	Sehr gut	1,46	07/2014	www.pcgh.de/preis/1063444

Tastaturen

Nicht mechanisch	Preis	Beleuchtung	Anschlüsse	Handballenablage	Zusatztasten	Makro/Speicher	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Roccat Isku	Ca. € 90,-	Voll, 6 Helligkeitsstufen	-	Ja (integriert)	15 + 3 Daumenta.	Ja/ja (k. A.)	1,42	11/2011	www.pcgh.de/preis/648485
Asus Cerberus	Ca. € 50,-	Voll, zweif Farben	-	Ja (integriert)	6	Ja/ja (k. A.)	1,86	10/2016	www.pcgh.de/preis/1338736
Sharkoon Skiller Pro+	Ca. € 35,-	Voll, sieben Farben	-	Ja (integriert)	9 + 3 Profilwahlta.	Ja/ja (k. A.)	1,96	10/2016	www.pcgh.de/preis/1344423
Tt esports Challenger Prime	Ca. € 30,-	Voll, drei Farben	-	Ja (integriert)	12 + Drehregler	Ja/ja (k. A.)	1,98	10/2016	www.pcgh.de/preis/1183433
Mechanisch	**Preis**	**Beleuchtung**	**Anschlüsse**	**Schalter (getestet)**	**Schalter (verfüg.)**	**Makro/Speicher**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Roccat Ryos MK FX	Ca. € 170,-	RGB-Einzeltastenbel.	Audio	Cherry MX Brown	MX Black/Red/Blue	Ja/ja (2 MByte)	1,26	06/2016	www.pcgh.de/preis/1388126
Roccat Ryos MK Pro	Ca. € 150,-	Voll, 6 Helligkeitsstufen	2 x USB 2.0, Audio	Cherry MX Brown	MX Black/Red/Blue	Ja/ja (2 MByte)	1,36	12/2014	www.pcgh.de/preis/996208
Logitech G910 Orion Spark	Ca. € 150,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Romer G (taktil)	Nur ein Modell	Ja/ja (k. A.)	1,39	03/2016	www.pcgh.de/preis/1167372
Sharkoon Shark Zone MK 80 RGB	Ca. € 125,-	RGB-Einzeltastenbel.	2 x USB 2.0, Audio	Kailh RGB Brown	Kailh RGB Brown/Red	Ja/ja (k. A.)	1,40	01/2013	www.pcgh.de/preis/1369386
Gigabyte Aivia Osmium	Ca. € 130,-	Ja, Scrollrad, stufenlos	1 x USB 3.0, Audio	Cherry MX Red	MX Brown	Ja/ja (k. A.)	1,43	03/2016	www.pcgh.de/preis/818661
Corsair Strafe RGB MX Silent	Ca. € 165,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Cherry MX Silent Red	MX Silent Red/Brown	Ja/ja (k. A.)	1,45	03/2015	www.pcgh.de/preis/1318576
Qpad MK 90	Ca. € 120,-	RGB-Einzeltastenbel.	2 x USB 2.0, Audio	Kailh RGB Red	Kailh RGB Black	Ja/ja (k. A.)	1,45	11/2015	www.pcgh.de/preis/1258778
Razer Black Widow Chroma	Ca. € 170,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Razer Green (taktil)	Razer Orange	Ja/ja (k. A.)	1,46	12/2014	www.pcgh.de/preis/1154331
Tt esports Poseidon Z RGB	Ca. € 105,-	RGB-Einzeltastenbel.	Keine	Kailh Blue RGB	Kailh Brown RGB	Ja/ja (512 kbytel)	1,47	10/2016	www.pcgh.de/preis/1462098
Corsair K70 RGB Rapid Fire	Ca. € 185,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Ch. MX Speed RGB	Cherry MX Speed RGB	Ja/ja (ein Profil)	1,49	06/2016	www.pcgh.de/preis/1431774
G.Skill Ripjaws KM780 RGB	Ca. € 130,-	RGB-Einzeltastenbel.	1 x USB 2.0, Audio	Cherry MX RGB Br.	MX RGB Brown/Red	Ja/ja (512 kbyte)	1,52	03/2016	www.pcgh.de/preis/1332861

Einkaufsführer SSDs & Festplatten

Preise: Stand 15.09.2016

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

Solid State Drives (2,5-Zoll-Format)

Bis 256 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	Transfer L/S* AS-SSD	IOPS**	Kopiertest	Herstellergarantie	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 120,-	238 GiB/256 GB	527/503 MB/s	90.000	73 Sekunden	10 Jahre	1,83	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136098
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 90,-	233 GiB/250 GB	514/496 MB/s	76.000	81 Sekunden	5 Jahre	1,96	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194261
Plextor M6 Pro	Ca. € 110,-	238 GiB/256 GB	513/471 MB/s	88.000	81 Sekunden	5 Jahre	2,02	08/2015	www.pcgh.de/preis/1150916
Adata SX 930	Ca. € 80,-	224 GiB/240 GB	515/410 MB/s	78.000	91 Sekunden	5 Jahre	2,04	12/2015	www.pcgh.de/preis/1299666
Crucial MX200	Ca. € 85,-	233 GiB/250 GB	521/475 MB/s	77.000	76 Sekunden	3 Jahre	2,08	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215088
Sandisk Extreme Pro	Ca. € 100,-	224 GiB/240 GB	526/495 MB/s	44.000	92 Sekunden	10 Jahre	2,08	07/2016	www.pcgh.de/preis/1126455
Kingston HyperX Sa. SSD Kit	Ca. € 100,-	224 GiB/240 GB	525/497 MB/s	33.000	103 Sekunden	3 Jahre	2,32	08/2015	www.pcgh.de/preis/1255802
OCZ Vector 180	Ca. € 110,-	224 GiB/240 GB	509/489 MB/s	85.000	90 Sekunden	5 Jahre	2,12	08/2015	www.pcgh.de/preis/1230956
AMD Radeon R7-Series SSD	Ca. € 140,-	224 GiB/240 GB	508/493 MB/s	88.000	88 Sekunden	4 Jahre	2,13	08/2015	www.pcgh.de/preis/1154205
Crucial BX100	Ca. € 80,-	233 GiB/250 GB	527/360 MB/s	76.000	79 Sekunden	3 Jahre	2,35	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215183
OCZ Arc 100	Ca. € 90,-	224 GiB/240 GB	462/403 MB/s	83.000	103 Sekunden	3 Jahre	2,42	08/2015	www.pcgh.de/preis/1144991
Bis 512 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer L/S* AS-SSD**	**IOPS****	**Kopiertest**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 220,-	477 GiB/512 GB	528/503 MB/s	90.000	73 Sekunden	10 Jahre	1,77	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136104
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 150,-	466 GiB/500 GB	514/502 MB/s	89.000	72 Sekunden	5 Jahre	1,85	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194263
Toshiba Q300 Pro	Ca. € 170,-	477 GiB/512 GB	519/490 MB/s	48000	63 Sekunden	5 Jahre	1,92	12/2015	www.pcgh.de/preis/1312394
Crucial MX200	Ca. € 140,-	466 GiB/500 GB	519/475 MB/s	88.000	77 Sekunden	3 Jahre	1,98	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215110
Sandisk Extreme Pro	Ca. € 160,-	447 GiB/480 GB	527/492 MB/s	39.000	93 Sekunden	10 Jahre	2,07	07/2016	www.pcgh.de/preis/1126463
Mushkin Striker	n.l.	447 GiB/480 GB	529/509 MB/s	49.000	82 Sekunden	3 Jahre	2,07	07/2016	www.pcgh.de/preis/1237245
OCZ Vector 180	Ca. € 170,-	447 GiB/480 GB	513/483 MB/s	91.000	90 Sekunden	5 Jahre	2,14	08/2015	www.pcgh.de/preis/1230954
Sandisk Ultra II	Ca. € 120,-	447 GiB/480 GB	477/498 MB/s	28.000	91 Sekunden	3 Jahre	2,16	07/2016	www.pcgh.de/preis/1154832
Crucial BX100	Ca. € 150,-	466 GiB/500 GB	526/435 MB/s	72.000	75 Sekunden	3 Jahre	2,26	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215184
OCZ Trion 100	Ca. € 130,-	447 GiB/480 GB	528/468 MB/s	11.000	132 Sekunden	3 Jahre	2,56	12/2015	www.pcgh.de/preis/1294599
Ab 960 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**Transfer L/S* AS-SSD**	**IOPS****	**Kopiertest**	**Herstellergarantie**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 830,-	1.908 GiB/2.048 GB	523/502 MB/s	89.000	67 Sekunden	10 Jahre	1,72	12/2015	www.pcgh.de/preis/1291107
Samsung SSD 850 Pro	Ca. € 420,-	954 GiB/1.024 GB	528/502 MB/s	90.000	73 Sekunden	10 Jahre	1,74	08/2015	www.pcgh.de/preis/1136105
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 1.300,-	3.726 GiB/4.000 GB	520/502 MB/s	90.000 IOPS	65 Sek.	5 Jahre	1,79	08/2015	www.pcgh.de/preis/1427527
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 580,-	1.863 GiB/2.000 GB	523/503 MB/s	89.000	68 Sekunden	5 Jahre	1,81	12/2015	www.pcgh.de/preis/1291113
Samsung SSD 850 Evo	Ca. € 270,-	932 GiB/1.000 GB	521/503 MB/s	90.000	73 Sekunden	5 Jahre	1,88	08/2015	www.pcgh.de/preis/1194264
Crucial MX200	Ca. € 280,-	932 GiB/1.000 GB	516/480 MB/s	88.000	76 Sekunden	3 Jahre	1,97	08/2015	www.pcgh.de/preis/1215111
Mushkin Reactor	Ca. € 240,-	932 GiB/1.000 GB	514/435 MB/s	68.000	74 Sekunden	3 Jahre	2,03	07/2016	www.pcgh.de/preis/1202066
OCZ Vector 180	Ca. € 290,-	894 GiB/960 GB	513/488 MB/s	81.000	89 Sekunden	5 Jahre	2,15	08/2015	www.pcgh.de/preis/1230950
Corsair Neutron XT	Ca. € 370,-	894 GiB/960 GB	527/484 MB/s	49.000	94 Sekunden	5 Jahre	2,14	07/2016	www.pcgh.de/preis/1214437

* L/S: Lesen und Schreiben | ** 4k-Random-Write-Operationen pro Sekunde

Festplatten (3,5-Zoll-Format)

Bis 8.000 Gigabyte	Preis	Kapazität bin./dez.	U/min	Lautheit Leerl./Zugr.	Zugriffszeit L/S**	Transfer L/S**	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Toshiba MG04ACA600E	Ca. € 400,-	5.586 GiB/6.000 GB	7.200	0,8/1,4 Sone	12,0/5,0 ms	166/163 MB/s	1,71	08/2015	www.pcgh.de/preis/493352788
Toshiba MC04ACA500E	Ca. € 260,-	4.548 GiB/5.000 GB	7.200	0,7/1,3 Sone	12,0/13,4 ms	166/163 MB/s	1,88	08/2015	www.pcgh.de/preis/1145736
Seagate Archive HDD 8TB	Ca. € 250,-	7.452 GiB/8.000 GB	5.900	0,5/0,6 Sone	13,5/14,0 ms	143/136 MB/s	2,23	08/2015	www.pcgh.de/preis/1204027
Altes Testsystem									
Bis 2.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Toshiba DT01ACA200	Ca. € 70,-	1.863 GiB/2.000 GB	7.200	0,4/0,6 Sone	15,7/15,4 ms	144/144 MB/s	1,90	02/2014	www.pcgh.de/preis/833755
Hitachi Deskstar HDS723020BLA642	Ca. € 60,-	1.863 GiB/2.000 GB	7.200	0,6/0,7 Sone	15,6/7,0 ms	125/125 MB/s	2,08	06/2012	www.pcgh.de/preis/588432
Seagate Barracuda 7200.14 ST1000DM003	Ca. € 50,-	932 GiB/1.000 GB	7.200	0,3/0,4 Sone	14,5/15,7 ms*	164/164 MB/s	2,15	01/2013	www.pcgh.de/preis/686480
Western Digital 2.0 TB	Ca. € 75,-	1.863 GiB/2.000 GB	5.400	0,3/0,3 Sone	14,9/17,9 ms	119/86 MB/s	2,25	02/2014	www.pcgh.de/preis/828732
Bis 3.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Toshiba DT01ACA300	Ca. € 80,-	2.794 GiB/3.000 GB	7.200	0,3/0,6 Sone	15,2/15,4 ms*	154/153 MB/s	1,90	01/2013	www.pcgh.de/preis/833757
Western Digital Red WD30EFRX	Ca. € 110,-	2.794 GiB/3.000 GB	K. A.	0,2/0,3 Sone	19,9/21,0 ms*	112/112 MB/s	2,22	01/2013	www.pcgh.de/preis/807343
Bis 5.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Western Digital Black WD4003FZEX	Ca. € 210,-	3.726 GiB/4.000 GB	7.200	0,5/0,9 Sone	12,5/12,9 ms	145/146 MB/s	1,98	02/2014	www.pcgh.de/preis/1010394
Hitachi Deskstar HDS724040ALE640	Ca. € 150,-	3.726 GiB/4.000 GB	7.200	0,5/0,6 Sone	16,3/14,8 ms*	131/135 MB/s	1,98	02/2014	www.pcgh.de/preis/682487
Western Digital Red WD40EFRX	Ca. € 150,-	3.726 GiB/4.000 GB	5.400	0,4/0,5 Sone	16,6/18,5 ms	119/109 MB/s	2,06	02/2014	www.pcgh.de/preis/992027
Ab 6.000 Gigabyte	**Preis**	**Kapazität bin./dez.**	**U/min**	**Lautheit Leerl./Zugr.**	**Zugriffszeit L/S****	**Transfer L/S****	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Seagate Enterprise Capacity 6TB	Ca. € 350,-	5.589 GiB/6.000 GB	7.200	0,6/0,9 Sone	12,5/4,3 ms*	167/167 MB/s	1,72	11/2014	www.pcgh.de/preis/1148556
HGST Ultrastar He6 6TB	Ca. € 320,-	5.589 GiB/6.000 GB	7.200	0,1/1,6 Sone	12,6/5,8 ms	143/143 MB/s	1,80	11/2014	www.pcgh.de/preis/1049476
Western Digital Red WD60EFRX	Ca. € 240,-	5.589 GiB/6.000 GB	K. A.	0,3/0,4 Sone	15,8/18 ms*	127/127 MB/s	2,05	11/2014	www.pcgh.de/preis/1143813

* Advanced-Format/4K-Sektoren | ** L/S: Lesen und Schreiben

Einkaufsführer Gehäuse, Netzteile & Sound

Preise: Stand 15.09.2016

PC Games Hardware PREIS-LEISTUNGS-TIPP PC Games Hardware SPAR-TIPP

Gehäuse

Midi-Gehäuse	Format (Hersteller-angabe)	Preis	Lüfterplätze	Enthaltene Lüfter	Lautheit frontal/ schräg (12 V/5V)	Temperatur (CPU/GPU/HDD)	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Dark Base 900 Pro	Midi-Tower	Ca. € 210,-	9 x 140, 2 x 120 mm	3 x 140 mm	1,7/1,8; 1,6/1,7 Sone	70/68/34 °C**	1,24	09/2016	www.pcgh.de/preis/1462362
Nanoxia Deep Silence 5 Rv B	Big-Tower	Ca. € 120,-	4 x 140/120 mm, 2 x 140 mm	3 x 140 mm	2,2/2,4; 1,9/2,0 Sone	83/90/34 °C*	1,64	04/2015	www.pcgh.de/preis/1224505
Aerocool XPredator II	Big-Tower	Ca. € 130,-	6 x 140 mm	5 x 140 mm	3,5/3,6; 2,4/2,5 Sone	70/67/32 °C**	1,70	09/2016	www.pcgh.de/preis/1435421
Antec P100	Midi-Tower	Ca. € 80,-	4 x 140, 1 x 120 mm	2 x 120 mm	2,1/2,2; 0,0/0,0 Sone	79/85/31 °C*	1,71	06/2014	www.pcgh.de/preis/1013922
Phanteks Enthoo Luxe	Big-Tower	Ca. € 160,-	2 x 200 mm, 2 x 140 mm, 4 x 120 mm	1 x 200, 2 x 140 mm	3,4/3,7; 2,3/2,4 Sone	75/86/31 °C*	1,71	04/2015	www.pcgh.de/preis/1142200
Sharkoon BW9000-W	Midi-Tower	Ca. € 65,-	4 x 140 mm, 1 x 120 mm	2 x 140,1 x 120 mm	2,2/2,3; 1,8/2,0 Sone	67/73/37 °C**	1,84	09/2016	www.pcgh.de/preis/1354897
Enermax Thormax Giant	Big-Tower	Ca. € 140,-	3 x 200 mm, 1 x 140 mm, 2 x 120 mm	2 x 180, 1 x 120 mm	3,8/3,9; 2,8/2,9 Sone	71/81/31 °C*	1,84	04/2015	www.pcgh.de/preis/1189301
Anidees AI Crystal	Midi-Tower	Ca. € 150,-	6 x 140 mm	4 x 140 mm	3,2/3,3; 2,1/2,2 Sone	73/69/34 °C**	1,85	09/2016	www.pcgh.de/preis/1475276
Be Quiet Silent Base 800	Midi-Tower	Ca. € 110,-	5 x 140/120 mm, 2 x 120 mm	3 x 120 mm	2,7/2,6; 2,3/2,3 Sone	79/82/32 °C*	1,90	02/2015	www.pcgh.de/preis/1155576
Corsair Carbide 600C	Midi-Tower	Ca. € 130,-	4 x 140 mm, 1 x 120 mm	2 x 140, 1 x 120 mm	2,9/3,0; 2,1/2,2 Sone	71/89/41 °C*	1,91	03/2016	www.pcgh.de/preis/1368613
Thermaltake Suppressor F51	Midi-Tower	Ca. € 115,-	3 x 200 mm, 2 x 140 mm, 2 x 120 mm	200 mm, 120 mm	2,6/2,8; 2,2/2,6 Sone	80/87/35 °C*	1,94	10/2015	www.pcgh.de/preis/1273311
Enermermax Ostrog ADV	Big-Tower	Ca. € 130,-	4 x 140/1 x 120 mm	2 x 140, 1 x 120 mm	4,7/4,4; 2,2/0,0 Sone	69/67/30 °C**	1,94	09/2016	www.pcgh.de/preis/1462226
Fractal Design Arc XL	Big-Tower	N. verfügb.	7 x 140/120 mm	3 x 140 mm	3,2/3,1; 2,2/2,4 Sone	73/90/34 °C*	1,95	03/2016	www.pcgh.de/preis/1037116
Fractal Design Define R5	Midi-Tower	Ca. € 90,-	9 x 140/120 mm	2 x 140 mm	2,5/2,7; 2,4/2,6 Sone	85/89/32 °C*	1,97	02/2015	www.pcgh.de/preis/1200732
Antec P380	Midi-Tower	Ca. € 170,-	4 x 140 mm, 1 x 120 mm	2 x 140, 1 x 120 mm	2,9/3,2; 2,1/2,3 Sone	74/85/35 °C	2,00	04/2015	www.pcgh.de/preis/1211049

* System: Core i7-920, Stromsparmodi aus, Radeon R9 290(X) @ 55/50 % Lüfterdrehzahl, 3 x 2.048 MiByte DDR3-1280-RAM, Deep Cool Ice Matrix 400 @ 12 Volt (1.600 U/min), Seasonic Platinum Fanless 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C
** System: Intel Core i7-4790; Intel Z87, Asus Geforce GTX 970 Direct Cu Mini (50 % Lüfterdrehzahl), 2 x 4.048 MiByte DDR3-1600-RAM, Themalright AXP-100 (Lüftersteuerung: Standard), Seasonic Platinum Fanless 550 Watt (ATX), Umgebungstemperatur: 24 °C

Netzteile

400 bis 600 Watt	Preis	PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)	Leistung +12 V	Lautheit*	Effizienz*	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Be Quiet Dark Power Pro 11 550W	Ca. € 130,-	4x 6+2-Pin, 1 x 6-Pin (70 cm)	540 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1 Sone	88/92/94/93/92 %	1,37	09/2016	www.pcgh.de/preis/1318886
Seasonic Platinum Fanless 520	Ca. € 145,-	2x 6+2-Pin (60 cm)	516 Watt	0,1/0,1/0,1/0,1/0,1 Sone	88/92/94/93/93 %	1,38	09/2016	www.pcgh.de/preis/874992
Cooler Master V550	Ca. € 100,-	2x 6+2-Pin (50 cm)	540 Watt	0,1/0,1/0,1/0,3/0,4 Sone	90/93/92/91/89 %	1,54	09/2016	www.pcgh.de/preis/1325567
EVGA G2 550W	Ca. € 100,-	2x 6+2-Pin (65/78 cm)	550 Watt	0,1/0,1/0,6/0,6/0,7 Sone	87/91/92/91/90 %	1,62	09/2016	www.pcgh.de/preis/1297440
Corsair RM550x	Ca. € 90,-	2x 6+2-Pin (58 cm)	550 Watt	0,1/0,1/0,1/0,3/0,4 Sone	85/90/92/91/90 %	1,64	09/2016	www.pcgh.de/preis/1331023
XFX TS 550 Gold	Ca. € 65,-	1x 6+2-Pin (60 cm)	546 Watt	0,1/0,1/0,1/2,3/2,4 Sone	84/89/92/91/90 %	1,99	09/2016	www.pcgh.de/preis/1076839
600 bis 800 Watt	**Preis**	**PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)**	**Leistung +12 V**	**Lautheit***	**Effizienz***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Seasonic Platinum 760W	Ca. € 160,-	4x 6+2-Pin (59 cm)	760 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/1,5 Sone	89/92/93/-/92 %	1,50	02/2015	www.pcgh.de/preis/874979
Fractal Newton R3	N. verfügb.	4x 6+2-Pin (57 cm)	600 Watt	0,1/0,1/0,1/1,9/1,9 Sone	89/92/94/92/91 %	1,50	06/2013	www.pcgh.de/preis/815663
Be quiet Straight Pow. 10 700W CM	Ca. € 120,-	4x 6+2-Pin (59 cm)	700 Watt	0,2/0,2/0,2/0,8/1,2 Sone	85/90/92/-/90 %	1,67	02/2015	www.pcgh.de/preis/1165610
Über 800 Watt	**Preis**	**PCI-E-Anschlüsse (Kabellänge)**	**Leistung +12 V**	**Lautheit***	**Effizienz***	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Corsair HX1000i	Ca. € 215,-	4x 2 6+2-Pin (60, 74 cm)	1.000 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/1,1 Sone	88/92/93/-/91 %	1,45	02/2015	www.pcgh.de/preis/1145509
Enermax Platimax 850W	Ca. € 160,-	4x 6+2-Pin (50 cm)	840 Watt	0,1/0,1/0,1/0,6/2,1 Sone	83/90/94/92/92 %	1,46	11/2011	www.pcgh.de/preis/683488
EVGA SuperNova G2 850W	Ca. € 135,-	2x 2 6+2-Pin (70, 85 cm), 2x 6+2-P	850 Watt	0,1/0,1/0,6/1,1/1,6 Sone	85/90/92/-/89 %	1,85	02/2015	www.pcgh.de/preis/1083961

* Gemessen bei 10/20/50/80/100 Prozent Auslastung des Netzteils

Soundkarten

Soundkarten intern	Preis	Kanäle/Abtastrate	DAC/SNR (Kopfhörer)	Kopfhörerver-stärker	Dolby Digital Live/DTS Connect	Besonderheiten u. a.	Wertung	Test in	PCGH-Preisvergleich
Creative Sound Blaster ZxR	Ca. 190,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/124 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/ja	Gesockelte Op-Amps, Tischbox	1,41	05/2015	www.pcgh.de/preis/886468
Asus Xonar Essence STX 2 7.1	Ca. 235,-	Bis 7.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/124 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/nein	Gesockelte Op-Amps	1,51	05/2015	www.pcgh.de/preis/1085709
Asus Xonar Phoebus	Ca. 130,-	Bis 7.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1796/110 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/nein	Gesockelte Op-Amps, Tischbox	1,61	05/2015	www.pcgh.de/preis/771017
Soundkarten extern	**Preis**	**Kanäle/Abtastrate**	**DAC/SNR (Kopfhörer)**	**Kopfhörerver-stärker**	**Dolby Digital Live/DTS Connect**	**Besonderheiten u. a.**	**Wertung**	**Test in**	**PCGH-Preisvergleich**
Creative Sound Blaster X7	Ca. 365,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	PCM1794/127 dB	Ja, TPA6120A2	Ja/ja	Ges.. Op-Amps, Class-D-Verst.	1,31	01/2016	www.pcgh.de/preis/1207054
Creative Sound Blaster Omni	Ca. 60,-	Bis 5.1/24 Bit bei 96 KHz	CS4361/100 dB	Ja, MAX97220A	Ja/ja	Integriertes Mikrofon	2,18	05/2015	www.pcgh.de/preis/1003999
Asus Xonar U5	Ca. 60,-	Bis 5.1/24 Bit bei 192 KHz	CM9882A/104 dB	Ja, TPS6130A2	Nein/nein	Mikr.-Lautstärkeregl. am Gerät	2,27	05/2015	www.pcgh.de/preis/1150607

Headsets

Headsets	Preis	Anschlussart	Bauart	Gewicht	Impedanz	Surround	Besonderheiten	Wertung	Test in	Preisvergleich
Steelseries Siberia 800	Ca. 340,-	Bluetooth	Geschlossen, ohrumschließend	320 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Station mit vielen Funktionen; Dolby	1,54	06/2016	www.pcgh.de/preis/1335387
Audio-Technica ATH-ADG1	Ca. 350,-	USB, Klinke	Offen, ohrumschließend	280 Gramm	38 Ohm	Nein	USB-DAC	1,92	12/2014	www.pcgh.de/preis/1151658
Kingston Hyper X Cloud 2	Ca. 80,-	USB, Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	320 Gramm	60 Ohm	Ja, virtuell	Kabelfernbedienung, Presets	1,94	08/2015	www.pcgh.de/preis/1223096
Asus Strix DSP	Ca. 130,-	USB, Klinke	Geschlossen, ohrumschließend	390 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Tischbox mit vielen Funktionen	1,96	05/2016	www.pcgh.de/preis/1195357
Corsair Void RGB Wireless	Ca. 110,-	Funk	Geschlossen, ohrumschließend	320 Gramm	32 Ohm	Ja, virtuell	Ordentliche Software	1,97	06/2016	www.pcgh.de/preis/1307022
Sennheiser G4me One	Ca. 150,-	Klinke	Halboffen, ohrumschließend	270 Gramm	50 Ohm	Nein	Mikrofon-/Lautstärkeregler integriert	2,18	04/2014	www.pcgh.de/preis/1042573
Bitfenix Flo	Ca. 50,-	Klinke	Geschlossen, ohraufliegend	200 Gramm	68 Ohm	Nein	Kabel und Mikrofon abnehmbar	2,32	08/2014	www.pcgh.de/preis/1059580

CASEKING.de

präsentiert

Alpenföhn OLYMP

Asymmetrischer Doppelturm-Kühler mit zwei 140-mm-Lüftern und riesiger Kühlleistung

Prädestiniert für leistungsstarke Full-Size Gaming-PCs

Ein Berg von einem CPU-Kühler. Das gottgleiche Olymp-Design, speziell entworfen für maximales Overclocking oder lautlosen Betrieb, gewährleistet elitäre Kühlleistung bei hoher Kompatibilität:

- High-End-Kühlung bist 340 Watt TDP
- Doppelturm-Design mit 165 mm Höhe
- 2x 140mm Wing-Boost-2-PWM-Lüfter
- 6 Heatpipes, starke 123.38 m³/h Airflow

Caseking GmbH: Gaußstr. 1, 10589 Berlin eMail: info@caseking.de tel. bestellen: 030 52 68 473 00 www.caseking.de/olymp

msi®

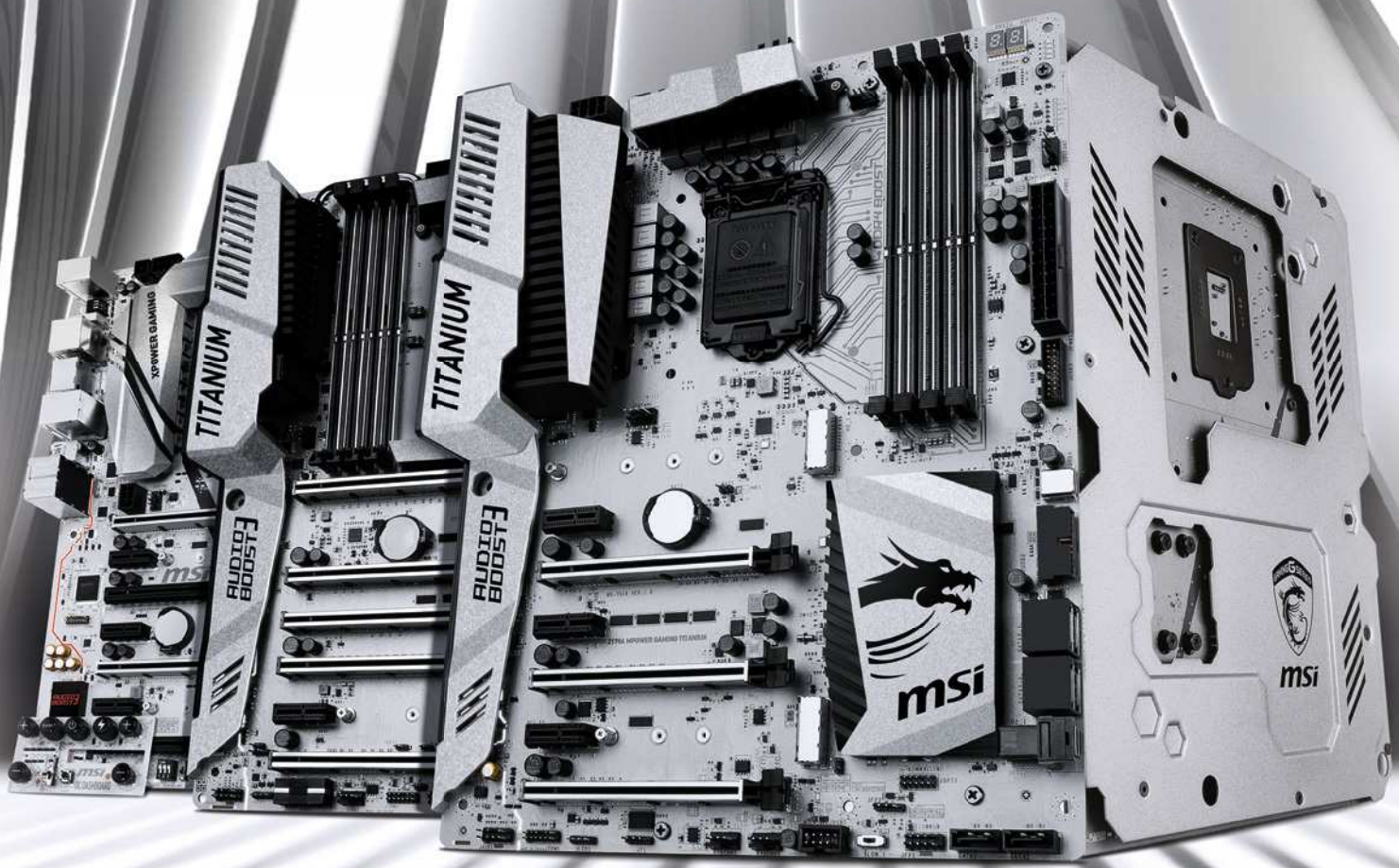
intel CHIPSET X99 inside™

intel CHIPSET Z170 inside™

SUPPORTS intel CORE inside™

BULLETPROOF GAMING

TITANIUM. ARMORED.



GAMING G SERIES

X99A XPOWER GAMING TITANIUM

Z170A MPOWER GAMING TITANIUM

AUDIO BOOST | DDR4 BOOST | GAMING LAN | STEEL ARMOR

Intel Inside®. Herausragende Leistung Outside.

© 2016 Micro-Star Int'l Co.,Ltd. Intel, das Intel Logo, Intel Inside, Intel Core, und Core Inside sind Marken der Intel Corporation in den USA und anderen Ländern.

HIER KAUFEN: Alternate · Amazon · Acom · Arlt · Atelco · Bora Computer · Caseking · Computeruniverse · Cyberport · hwh · Mindfactory und im Fachhandel